

AKI HÄRKÖNEN  
LAURA JÄRVINEN

## Konkretiaa eurooppalaisen junien kulunvalvonnan käyttöönottoon rataverkolla ja vetävässä kalustossa





Aki Härkönen, Laura Järvinen

# Konkretiaa eurooppalaisen junien kulunvalvonnan käyttöönottoon rataverkolla ja vetävässä kalustossa

Tausta-aineistoa päätöksenteolle ERTMS/ETCS-  
veturilaitteasennuksiin ja -ratalaiterakentamiseen

Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 44/2014

Liikennevirasto

Helsinki 2014

*Kannen kuva: Aki Härkönen*

ISSN-L 1798-6656  
ISSN 1798-6656  
ISBN 978-952-317-010-0

Verkkojulkaisu pdf ([www.liikennevirasto.fi](http://www.liikennevirasto.fi))

ISSN-L 1798-6656  
ISSN 1798-6664  
ISBN 978-952-317-009-4

Grano  
Kuopio 2014

Julkaisua (myy)/saatavana  
[paino.kuopio@grano.fi](mailto:paino.kuopio@grano.fi)

Liikennevirasto  
PL 33  
00521 HELSINKI  
Puhelin 0295 34 3000



**Aki Härkönen, Laura Järvinen: Konkretiaa eurooppalaisen junien kulunvalvonnan käyttöönottoon rataverkolla ja vetävässä kalustossa.** Liikennevirasto, kunnossapito-osasto. Helsinki 2014. Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 44/2014. 56 sivua ja 2 liitettä. ISSN-L 1798-6656, ISSN 1798-6656, ISBN 978-952-317-010-0, ISSN 1798-6664 (pdf), ISBN 978-952-317-009-4 (pdf)

**Avainsanat:** asetinlaite, ERTMS, ETCS, eurooppalainen rautatieliikenteen hallintajärjestelmä, eurooppalainen junien kulunvalvonta, JKV, elinkaarenhallinta, yhteentoimivuus

## Tiivistelmä

Tämä julkaisu kuvaa aikaisempia suunnitelmia tarkemmin ja konkreettisemmin eurooppalaisen junien kulunvalvonnan käyttöönottoa Suomen valtion rataverkolla ja sillä liikennöivässä vetävässä kalustossa. Mukana ovat tuoreet eurooppalaisen junien kulunvalvontajärjestelmän kustannusarviolaskelmat kyseisistä satojen miljoonien eurojen investoinneista, esitettynä ilman siihen liittyvää asetinlaitteiden tai vetokaluston uusimisohjelmaa.

Junien kulunvalvontajärjestelmä (JKV) on rautatieturvallisuustekniikkaa, jolla varmistetaan teknisesti, että juna kulkee sallittua nopeutta ja noudattaa sille annettuja opasteita ja joka tarvittaessa pysäyttää junan turvallisesti. Nykyinen veturi- ja ratalaittein toimiva JKV-järjestelmä on 1980-luvun tekniikkaa, joka on Suomessa otettu käyttöön vuosina 1992–2009, ja se on päätetty korvata elinkaarenhallintasyistä 2020-luvulla uudella yhteentoimivalla eurooppalaisella rautatieliikenteen hallintajärjestelmällä (ERTMS, engl. European Rail Traffic Management System) ja sen eurooppalaisella junien kulunvalvontajärjestelmällä (ETCS, engl. European Train Control System).

Liikennevirasto valtion rataverkon haltijana ja radanpitoviranomaisena vastaa rautatieinfrastruktuuriasennuksistaan ja vetävää kalustoa liikennöivät tai omistavat yhtiöt – erityisesti VR-Yhtymä Oy – kalustoasennuksistaan. Koska ERTMS/ETCS on rata- ja veturilaitteiden muodostama kokonaisjärjestelmä, onnistutaan uuden järjestelmän suomalaisessa käyttöönotossa vain osapuolten suunnitelmallisella yhteistyöllä. Käyttöönotossa tulee soveltaa täsmällisyysjohtamisen periaatteita ja toteutus tehdä liikenteen ehdoilla, jotta siirtymäkausi ei aiheuta haittoja rautatieliikenteelle.

Suomen valtaosiltaan yksiraiteisella rataverkolla tullaan painottamaan ERTMS/ETCS-ratalaiterakentamisessa sen tason 1, pistemäisen junien kulunvalvonnan, ratkaisuja, mutta tiheimmin liikennöidyllä kaksi- tai useampiraiteisella rataverkolla tulee noin v. 2020 arvioida uudelleen ERTMS/ETCS-tason 2, jatkuvan kulunvalvonnan, rakentamisen yhteiskuntataloudellinen kannattavuus.

Sekä Liikennevirasto valtion rataverkon haltijana, että VR-Yhtymä Oy merkittävimpana suomalaisena rautatieyrityksenä tarvitsevat pitkän tähtäimen sitovia suunnitelmia ERTMS/ETCS-toteutuksen todellisesta edistämisestä 2020-luvulla. Muutoin osapuolten rataverkon ja vetokaluston ERTMS/ETCS-investointipäätöksille ei ole pitävää pohjaa. Jotta osapuolten päätöksenteko ei jää odottamaan toisen osapuolen aloitteellisuutta, suositellaan seuraavia toimenpiteitä päätöksenteon helpottamiseksi:

1. Ratalaiterakentamisvalmiuden ja kotimaisen osaamisen luominen.
2. Rautatieturvallisuuden elinkaarenhallinnalla on määriteltävä asetinlaitteiden asennetun kannan parasta ennen -päivät ja niiden uusimisohjelma, joka sovitetaan yhteen ERTMS/ETCS-toteutuksen kanssa.
3. Ratalaiterakentamisen ajoituksen varmistaminen sitovalla hankerahoituksella.
4. Sitovat päätökset ERTMS/ETCS-tasojen soveltamisesta rataverkolla n. v. 2020.
5. Ylimääräisten veturilaitteinvestointien korvaaminen kansallisin tukitoimin.
6. Sitova vetävän kaluston ERTMS/ETCS-järjestelmään siirtymisen ohjelma n. v. 2020.
7. Rahoitusmallien tarkemman arvioinnin toteutus yhteistyössä LVM:n kanssa.

**Aki Härkönen, Laura Järvinen: Konkretisering av ibruktagandet av europeiska övervaknings-system för tåg och dragfordon i järnvägsnätet.** Trafikverket, drift och underhåll. Helsingfors 2014. Trafikverkets undersökningar och utredningar 44/2014. 56 sidor och 2 bilagor. ISSN-L 1798-6656, ISSN 1798-6656, ISBN 978-952-317-010-0, ISSN 1798-6664 (pdf), ISBN 978-952-317-009-4 (pdf).

## Sammanfattning

I den här publiceringen ges ett mer konkret förtydligande av planerna för ibruktagandet av det europeiska säkerhetssystemet för tåg och dragfordon som trafikerar det finländska järnvägsnätet. Även nya kostnadsberäkningar för investeringar, motsvarande hundratals miljoner euro, i det europeiska övervakningssystemet för järnvägstrafik är bifogade, exklusive uppgraderingsprogram för ställverk och dragfordon.

Tågövervakningssystemet är en järnvägssäkerhetsteknik som säkerställer att tågen inte över-skrider tillåten hastighet utan följer uppsatta skyltar och signaler, och kan vid behov stoppa tågen på ett säkert sätt. Tekniken i Finlands nuvarande övervakningssystem på fordons- och bansidan utvecklades under 1980-talet och togs i bruk under åren 1992–2009. Systemet ska enligt beslut bytas ut under 2020-talet på grund av livscykelfrågor, mot nya driftskompatibla europeiska kontrollsystem för järnvägstrafik (ERTMS, eng. European Rail Traffic Management System) och dess europeiska tågövervakningssystem (ETCS, eng. European Train Control System).

Trafikverket ansvarar för drift och underhåll av statens järnvägsnät och sin egen installerade utrustning i järnvägsinfrastrukturen och företagen som trafikerar eller äger fordon som trafikerar järnvägen – särskilt VR-Group Ab – ansvarar för sin utrustning. Då ERTMS/ETCS är ett helhetssystem som bildas av utrustningar på ban- och fordonssidan kan det nya finländska systemet tas i drift endast genom planenligt samarbete med parterna. Drifttagandet ska ske enligt principerna för operativ ledning av punktligheten med hänsyn till trafiken, så att övergångsfasen inte orsakar störningar för järnvägstrafiken.

Vid majoriteten av det finländska enkelspåriga järnvägsnätet kommer concentrationen att ligga på uppbyggnad av ERTMS/ETCS-järnvägsutrustning i nivå 1, punktövervakning av tågen, men i de mer tättrafikerade två- och flerspåriga järnvägsnäten görs en ny bedömning 2020 av ständig övervakning enligt ERTMS/ETCS-nivå 2 samt utbyggnadens nationalekonomiska lönsamhet.

Både Trafikverket som ansvarig för statens järnvägsnät och VR-Group Ab som en av de viktigaste finska järnvägsaktörerna behöver en långsiktigt bindande plan för genomförandet av ERTMS/ETCS under 2020-talet. I annat fall saknas grund för parternas beslut om ERTMS/ETCS-investeringar i järnvägsnät och dragfordon. För att parternas beslut inte ska vara beroende av den andra partens initiativförmåga, rekommenderar vi följande åtgärder för att underlätta beslutsfattande:

1. Öka kompetensen inom byggandet av järnvägssignalsystem och inhemskt kunnande.
2. Ansvariga för järnvägssignalsystems livscykel ska fastställa bäst före -datum för ställverk och upprätta uppdateringsprogram för dessa, som anpassas till ERTMS/ETCS-projektet.
3. Fastställande av tidplaner för byggandet av järnvägssignalsystem genom bindande projektfinansiering.
4. Bindande beslut om anpassningen av ERTMS/ETCS-nivåerna i järnvägsnätet ungefär 2020.
5. Ersättning för investeringar i extra dragfordon genom nationella stödåtgärder.
6. Bindande program för övergången av dragfordon i ERTMS/ETCS-systemet ungefär 2020.
7. Noggrannare utvärdering av finansieringsmodeller i samarbetet med Kommunikationsministeriet.

**Aki Härkönen, Laura Järvinen: Concrete points on the implementation of the train control system within the rail network and on powered rolling stock.** Finnish Transport Agency, Maintenance Department. Helsinki 2014. Research reports of the Finnish Transport Agency 44/2014. 56 pages and 2 appendices. ISSN-L 1798-6656, ISSN 1798-6656, ISBN 978-952-317-010-0, ISSN 1798-6664 (pdf), ISBN 978-952-317-009-4 (pdf).

## Summary

This publication provides a description, in more concrete and specific terms than previous plans, of the implementation of the European Train Control System within Finland's state-owned rail network and the tractive stock used on this network. Included are the latest cost estimate calculations regarding the investments, worth hundreds of millions of euros, in the European Train Control System. These calculations are presented without the related modernisation programme with its interlocking system and tractive stock.

The train control system is an instance of railway safety technology used to ensure, in technical terms, that trains travel at the allowed speeds and follow the signals given to them. If necessary, the system can also safely bring trains to a halt. Representing 1980s technology, the current train control system, which employs on-board and rail equipment, was adopted in Finland between 1992 and 2009. The decision has been taken to replace this system in the 2020s with the interoperable European Rail Traffic Management System (ERTMS) and European Train Control System (ETCS).

As the owner of the state rail network and as the railway infrastructure manager, the Finnish Transport Agency is responsible for railway infrastructure installations, while the companies that operate or own tractive stock – especially VR Group Ltd. – are responsible for their own equipment installations. Since ERTMS/ETCS is a total system comprising trackside and on-board equipment, the new system's implementation in Finland will only be successful if the parties engage in systematic co-operation. The principles of punctuality management must be applied to the system's adoption, while ensuring that system implementation is performed on the terms of the traffic involved, so as to avoid the disturbance of railway traffic during the transition period.

Level 1 solutions (point train control) will be emphasised in the construction of the ERTMS/ETCS railway equipment within Finland's mostly single-track rail network. However, the socio-economical benefits of ERTMS/ETCS level 2 (continuous train control) will need to be re-evaluated around 2020 insofar as the double- and multiple-track network, which will carry heavier traffic, is concerned.

Both the Finnish Transport Agency, as the owner of the state rail network, and VR Group Ltd., as Finland's main railway company, need binding long-term plans for the advancement of the ERTMS/ETCS's implementation in the 2020s. Otherwise, there will be no solid foundation for the ERTMS/ETCS investment decisions of these parties regarding the rail network and tractive stock. To avoid decision-making which requires one party to take the initiative, the following measures are recommended in order to assist with decision-making:

1. Creation of preparedness for and domestic expertise on construction of railway signalling system.
2. Lifecycle management of railway signalling system must be applied in determining the best-before dates for the installed base of interlockings, and a modernisation programme must be coordinated with the ERTMS/ETCS implementation.
3. Ensuring the timing of railway signalling system construction by means of binding project funding.
4. Binding decisions on the application of the ERTMS/ETCS levels within the rail network in around 2020.
5. Replacement of additional on-board equipment investments with national support measures.
6. Binding ERTMS/ETCS transition programme for tractive stock in around 2020.
7. A more particular evaluation of finance models in collaboration with Ministry of Transport and Communications.

## Esipuhe

Tämän julkaisun kokoamisesta työryhmätyöllä on sovittu Liikenneviraston ja VR-Yhtymä Oy:n välisessä ERTMS-ohjausryhmässä v. 2014 alussa, sen jälkeen, kun Liikenne- ja viestintäministeriössä pidetyssä ns. "ERTMS-tapaamisessa" (Risto Murto, Hannu Pennanen ja Kaisa Männistö) lokakuussa 2013 sovittiin, että Liikennevirasto pohjustaa LVM:lle ERTMS:n rahoitusta ja mahdollisia viestejä seuraavaan hallituskauteen valmistauduttaessa. Osapuolet sopivat aineiston työstötavaksi työpajojen sarjan. Työpajoissa on puitu asiaan liittyviä linjauksia ja haettu osapuolten näkemyksiä ja käsityksiä siten myös ohjaten samanaikaista taustatyötä. Liikennevirasto tilasi yhteistyötä tukemaan konsulttityön VR Track Oy Suunnittelulta, joka on tuottanut työpajoihin ja tähän julkaisuun suunnittelu- ja kuva-aineistoa mm. rakentamiskonsepteihin, kustannuslaskentaan, täsmällisyysjohtamiseen ja rataosien rakentamisjärjestykseen.

Liikennevirastossa pidettyjen työpajojen sarjassa maalisi-syyskuussa 2014 panostaan työhön ovat antaneet seuraavat henkilöt:

Härkönen, Aki	Liikennevirasto
Inkilä, Juha	VR-Yhtymä Oy
Julku, Ari	VR-Yhtymä Oy
Järvinen, Laura	VR Track Oy
Kantamaa, Veli-Matti	Liikennevirasto
Kiihtelys, Kai	VR Track Oy
Matikainen, Lassi	VR Track Oy
Nummelin, Markku	Liikennevirasto
Paavilainen, Jari	VR-Yhtymä Oy
Pesonen, Markku	VR-Yhtymä Oy

Lisäksi eri organisaatioissa on tehty valmistelemaa ja taustoittavaa työtä myös muiden henkilöiden toimesta. Tekstin julkaisuun ovat tuottaneet pääosin Aki Härkönen ja Laura Järvinen.

Helsingissä marraskuussa 2014

Liikennevirasto  
Kunnossapito/Radan parantaminen

# Sisällysluettelo

1	JOHDANTO .....	10
1.1	Eurooppalainen visio rautateiden yhteentoimivuudesta .....	10
1.2	Konkretiaa taustaksi tulevaan päätöksentekoon .....	10
2	JUNIEN KULUNVALVONTAJÄRJESTELMÄN ELINKAARENHALLINNASTA .....	12
2.1	Nykyisen JKV-järjestelmän komponenteista .....	12
2.2	JKV-järjestelmän elinkaarenhallinta 2010–2020-luvuilla .....	13
3	TÄSMÄLLISYYSJOHTAMINEN .....	15
3.1	Häiriöttömän siirtymäkauden periaatteista .....	15
3.2	Kapasiteetin säilyttäminen .....	16
3.3	Vakiintuneen tekniikan varmistettu hyödyntäminen .....	17
4	ERTMS/ETCS-JÄRJESTELMÄN TOTEUTUSTAVAN VALINNASTA .....	18
4.1	ERTMS/ETCS-tason 1 ominaisuuksista .....	18
4.2	ERTMS/ETCS-tason 2 ominaisuuksista .....	18
4.3	ERTMS/ETCS-tason 3 ominaisuuksista .....	19
4.4	ERTMS/ETCS-tasot 1, 2 ja 3, toteutustavan valinta eri maissa .....	19
4.4.1	Itävalta, ERTMS/ETCS-taso 1 ja useampiraiteisilla radoilla ERTMS/ETCS-taso 2 .....	20
4.4.2	Belgia, ERTMS/ETCS-taso 1 ja suurnopeusradoilla ERTMS/ETCS-taso 2 .....	20
4.4.3	Luxemburg, koko pienellä rataverkolla ERTMS/ETCS-taso 1 .....	20
4.4.4	Sveitsi, aloitus ERTMS/ETCS-taso 1 (LS), jatkossa ERTMS/ETCS-taso 2 .....	20
4.4.5	Italia, suurnopeusradoilla ERTMS/ETCS-taso 2 .....	20
4.4.6	Saksa, ERTMS/ETCS-taso 1 (LS), suurnopeusradoilla ERTMS/ETCS-taso 2 .....	21
4.4.7	Ruotsi, Citybanan-kaupunkiradalla ERTMS/ETCS-taso 1, käytävä B ERTMS/ETCS-taso 2 tai 1, vähäliikenteisten ratojen kokeilut (ERTMS Regional) .....	21
4.4.8	Norja, koko rataverkon varustaminen ERTMS/ETCS-taso 2 .....	21
4.4.9	Tanska, ERTMS/ETCS-taso 2 pääradoille, kaupunkiradoille CBTC-radiojunakulunvalvonta .....	21
4.4.10	Britannia, ERTMS/ETCS-taso 2 koko rataverkolle 30 vuoden kuluessa .....	21
4.4.11	Espanja, suurnopeusradoilla ERTMS/ETCS-tasot 1 ja 2 .....	22
4.5	Suomi, ERTMS/ETCS-taso 1 yksiraiteisella rataverkolla, useampiraiteisella ERTMS/ETCS-taso 1 tai 2 .....	22
5	RAKENTAMISKONSEPTIT .....	24
5.1	Rakentamistapa, ERTMS/ETCS-taso 1 .....	24
5.1.1	Kaksoisvarustus .....	27
5.1.2	Yhden raiteen varustaminen molempiin suuntiin .....	29
5.1.3	Raiteen varustaminen yhteen liikennöintisuuntaan kerrallaan .....	29
5.1.4	Liikennepaikat tapauskohtaisesti .....	29
5.2	Rakentamistapa, ERTMS/ETCS-taso 2 .....	30

6	ASETINLAITTEIDEN UUSIMISEN VAIKUTUS ERTMS/ETCS-RATALAITERAKENTAMISEEN .....	31
7	VETÄVÄN KALUSTON VARUSTAMINEN ERTMS/ ETCS-JÄRJESTELMÄLLÄ JA VARUSTELUKUSTANNUKSET .....	34
7.1	Vetävän kaluston asennusmäärät ja -ajat .....	34
7.2	ERTMS/ETCS-tasojen 1 ja 2 vetokalustokustannukset .....	36
7.3	Ylimääräisten kustannusten välttäminen ja niiden mahdollinen korvaaminen .....	36
7.4	Eriytetyn ratamaksun mahdollinen hyödyntäminen kannustimena ERTMS/ETCS-veturilaitteiden asentamiseen vetävään kalustoon .....	38
8	RATAOSUUKSIEN RAKENTAMISJÄRJESTYS JA RAKENTAMISKUSTANNUKSET .....	39
8.1	Vetokalustovarustelulähtöinen skenaario ratalaiterakentamisessa .....	40
8.2	Infrarakentamislähtöinen skenaario ratalaiterakentamisessa .....	42
8.3	ERTMS/ETCS tason 1 ratalaiterakentamisen kustannusarviot.....	44
	8.3.1 ERTMS/ETCS tason 1 kustannuslaskennan epävarmuustekijöistä ja kustannusajureista .....	46
8.4	ERTMS/ETCS tason 2 ratalaiterakentamisen kustannusarviot.....	47
	8.4.1 ERTMS/ETCS-tason 2 kustannuslaskennan epävarmuustekijöistä ja kustannusajureista .....	50
8.5	Kunnossapitokustannukset ERTMS/ETCS-tasoilla 1 ja 2 .....	51
8.6	Kustannuslaskentaohjelmistojen hyödyntäminen .....	51
8.7	EU-tukien mahdollinen hyödyntäminen ERTMS/ETCS-järjestelmän käyttöönotossa .....	52
8.8	Kotimaiset rahoitusmallit .....	53
9	TOIMENPIDE-EHDOTUKSIA ERTMS/ETCS-TOTEUTUKSEN VAUHDITTAMISEKSI.....	54
	LÄHDELUETTELO .....	56

## Kuvaluettelo

Kuva 1	Junien automaattisen kulunvalvontajärjestelmän veturilaitte-komponentit (ks. kuvan nro 1.–7.) ja ratalaittekomponentit (ks. kuvan nro 8.–9.). .....	12
Kuva 2	Nykyisen junien kulunvalvontajärjestelmän käyttöönotto-ajankohdat. ....	14
Kuva 3	Rataverkon vetävän kaluston huoltopisteet, joihin pääsy on turvattava muutosvaiheessa. ....	16
Kuva 4	Suomen junien kulunvalvonnalla varustettu rataverkko on pääosiltaan yksiraiteinen (tilanne vuonna 2020).....	23
Kuva 5	ERTMS/ETCS-tason 1 ratalaitteet radassa (kuva Kai Kiihtelys). ....	24
Kuva 6	JKV:n nykytilanne (kuva Kai Kiihtelys). ....	25



Kuva 7	Nykyiset asetinlaitteet, joihin ERTMS/ETCS-tason 1 edellyttämien rajapintojen toteutus onnistuu. ....	27
Kuva 8	Kaksoisvarustus JKV ja ERTMS/ETCS-tason 1 järjestelmät (kuva Kai Kiihtelys) .....	28
Kuva 9	ERTMS/ETCS-tason 2 ratalaitteet radassa (kuva Kai Kiihtelys). ....	30
Kuva 10	Tulevaisuudessa uusittavaksi tulevat asetinlaitteet. ....	31
Kuva 11	Asetinlaitteet, joiden uusiminen on ajankohtaista 2010–2020-luvuilla ennen ERTMS/ETCS:n käyttöönottoa. ....	33
Kuva 12	Vetokalustovarustelulähtöinen skenaario ratalaiterakentamisessa, rakentaminen vuosina 2025–2035. ....	40
Kuva 13	Vetokalustovarustelulähtöisen skenaarion vuosittaiset kustannukset. ....	41
Kuva 14	Infrarakentamislähtöinen skenaario ratalaiterakentamisessa, rakentaminen vuosina 2025–2035. ....	42
Kuva 15	Infrakentamislähtöisen skenaarion vuosittaiset kustannukset. ....	43
Kuva 16	Ratakategoriat I-IV. ....	45
Kuva 17	ERTMS/ETCS-tason 2 kustannusarvioissa mukana olevat rataosuudet. ....	48
Kuva 18	Rataverkon pullonkauloja, joissa ratainfrastruktuuriin voi kannattaa satsata myös ERTMS/ETCS-tason 2 ratkaisuilla. ....	49
Kuva 19	EU:n ydinverkkokäytävät ovat nyt korkeimmalla tukien priorisoinnissa. ....	52
<b>LIITTEET</b>		
Liite 1	Käsitteitä ja lyhenteitä	
Liite 2	Kustannusarviolaskelmia	

# 1 Johdanto

## 1.1 Eurooppalainen visio rautateiden yhteentoimivuudesta

Rautatieturvalaitteet ja tähän tekniikkaan kuuluvat junien kulunvalvontajärjestelmät ovat Euroopassa historiallisista syistä eriytyneet kansallisiksi ja alueellisiksi yksittäisten rautatieturvalaiteteollisuusyritysten hallitsemiksi erillisiksi järjestelmiksi, mikä osaltaan rajoittaa valtakunnanrajat ylittävää rautatieliikennettä. Euroopan Unionissa on siksi päätetty monilla direktiiveillä ja hankkeilla ajaa rajat ylittävän rautatieliikenteen tilannetta parantavaa rautatiejärjestelmän yhteentoimivuutta ja edistää yhtenäistä Euroopan liikennealuetta sekä kilpailukykyistä ja resurssitehokasta liikennejärjestelmää. (EUROOPAN KOMISSIO, 2011)

Vaikka EU ei edellyttäisikään erillistä rataverkkoa varustettavan ERTMS/ETCS-järjestelmällä, on jäsenvaltio Suomi jo v. 2006 päättänyt ottaa sen käyttöön, korvaamaan JKV-teknologia sen vanhentuessa. Suomalainen kansallinen ajantasainen lainsäädäntö on tällä vuosikymmenellä omaksunut eurooppalaisten direktiivien ohjaamana rautatiejärjestelmän yhteentoimivuuden tekniset eritelmit osaksi suomalaista säädöskokoelmaa. Osajärjestelmiä käyttöönottaessa noudatetaan voimassa olevia säädöksiä ja niiden sallimia poikkeamismenettelyjä.

Rautatieturvalaitteiden ohjaus-, hallinta- ja merkinanto-osajärjestelmässä yhteentöimivillä rautatieradion ja eurooppalaisen junien kulunvalvonnan ratkaisulla päästään Suomessakin yleisempään laajalti käytettyyn tekniikkaan, jolla on useita laitetoimittajia, vaikka Suomen rataverkko raideleveytensä vuoksi säilyy erillisenä rataverkkona Euroopassa. Suomessa on jo 00-luvulla siirrytty rautatieradiossa yhteentöimivaan tekniikkaan. Junien kulunvalvontajärjestelmän tullessa 2020-luvulla elinkaarensa päähän myös sen uusiminen toteutetaan yhteentöimivin ratkaisuin. Ohjaus-, hallinta- ja merkinanto-osajärjestelmässä nykyistä junien kulunvalvontaa voidaan soveltaa sen teknistaloudellisen elinkaaren loppuun, mutta sen korvaajana Suomessa otetaan käyttöön uusi yhteentöimiva ERTMS/ETCS-järjestelmä, jonka laaja kansainvälinen käyttö takaa suuremmat laitemarkkinat ja jonka hankintamahdollisuudet monelta laitetöimittajalta tuovat etuja elinkaarenhallinnassa.

## 1.2 Konkretiaa taustaksi tulevaan päätöksen- tekoön

Tämän julkaisun tarkoituksena on antaa konkreettisia aikatauluja ja hinta-arvioita tuomaan selkeyttä rautatieyritysten ja rautatieinfrastruktuurihallinnon kotimaisiin päätöskentekoprosesseihin, kun ne tulevina vuosina kohdentavat investointirahoitustaan veturi- ja ratalaitteisiin. Tarkoituksena ei ole viedä tätä suunnitelmien konkretisointia sitovana jäsenvaltio Suomen suunnitelmana Euroopan Komissioon, vaan pitää se kotimaisen päätöskenteon tausta-aineistona, luomaan selkeyttä tulevaan kehitykseen.

Liikenneviraston edeltäjäorganisaatio Ratahallintokeskus laati yhteistyöllä sektorin toimijoiden kanssa aineiston "*Eurooppalaisen rautatieliikenteen hallintajärjestelmän (ERTMS) Suomen kansallinen toteuttamissuunnitelma*" eli ERTMS-toteutussuunnitelman, joka vietiin jäsenvaltio Suomen aineistona Liikenne- ja viestintäministeriön kautta Euroopan Komissioon v. 2007. (Ratahallintokeskus, 2007) Toteutussuunnitelmassa tuotiin esiin mm. edistynyt GSM-R-verkon rakentaminen ja ERTMS/ETCS-käyttöönoton veturilaitestrategia, kun kriittinen massa vetureita on ensin varustettu ERTMS/ETCS+STM-ratalaittein. Valittu veturilaitestrategia on jo alkanut konkretisoi-tua, kun VR:n Siemensiltä tilaamat Vectron-sähköveturit tullaan toimittamaan ERTMS/ETCS+STM-veturilaittein varustettuina.

Konkretiaa tarvitaan veturilaitesennusten ja radanrakentamisen ajoittamiseen sekä niiden rahoituspäätösten valmisteluun ja tekoon sekä radanpitäjällä että rautatie-yrityksissä.

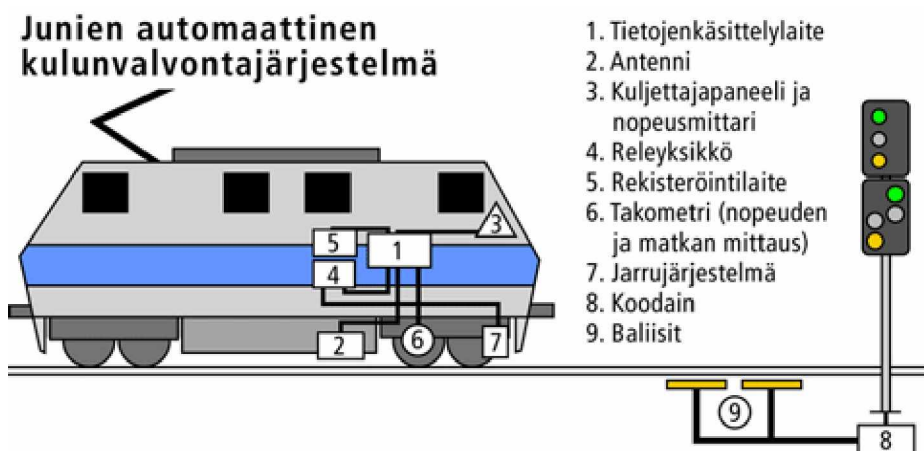
Suomessa tullaan elinkaarenhallintasyistä siirtymään ratalaitteissa ja veturiasennuk-sissa uuteen eurooppalaiseen junien kulunvalvonnan ERTMS/ETCS-järjestelmään, koska nykyistä JKV-järjestelmää ei voida pitää käytössä enää loputtomiin tulevaisuu-teen.

## 2 Junien kulunvalvontajärjestelmän elinkaarenhallinnasta

### 2.1 Nykyisen JKV-järjestelmän komponenteista

Nykyinen suomalainen junien kulunvalvontajärjestelmä (JKV) perustuu rata- ja veturilaitteisiin, jotka yhdessä muodostavat kokonaisjärjestelmän. Järjestelmä on rakennettu koko olennaiselle valtion rataverkolle vuosien 1992–2009 välisenä aikana, mutta sen lisärakentaminen ja täydentäminen jatkuvat vielä 2020-luvulla. Järjestelmän käyttöä on kehitetty koko parikymmenvuotisen rakentamisjakson ajan, ja sen hyödynämisen periaatteet on hyvin kuvattu ja dokumentoitu. (Liikennevirasto, 2012)

JKV-järjestelmä tunnetaan kansainvälisesti nimellä ATP-VR/RHK, jolla se on kirjattu yhteentoimivuuden teknisten eritelmien ohjaus-, hallinta- ja merkinanto-osajärjestelmään ns. luokan B järjestelmäksi, jonka käyttö voi jatkua järjestelmän elinkaaren ajan, mutta jonka tekninen päivittäminen ja uudistaminen ovat rajoitettuja. Järjestelmän komponenteilla on kaksi laitetoimittajaa, jotka nykyisin tunnetaan nimillä Ansaldo STS Sweden AB (ratalaitteet) ja Bombardier Transportation Finland Oy (veturilaitteet ja ratalaitteet). JKV-järjestelmässä siis veturilaitteilla on yksi toimittaja ja ratalaitteilla kaksi.



Kuva 1 Junien automaattisen kulunvalvontajärjestelmän veturilaittekomponentit (ks. kuvan nro 1.–7.) ja ratalaittekomponentit (ks. kuvan nro 8.–9.).

Kuvassa 1 on esitetty JKV-järjestelmän veturi- ja ratalaitteet. Ratalaitteista koodaimet kytketään rautatieturvallisuuden lamppuvirtapiireihin, joista ne siirtävät opastimen käsitiedot baliiseille. Baliisit toimivat veturilaitteen antennin antamalla energialla palauttaen veturilaitteelle sanomansa, joiden mukaan veturilaitte ohjaa veturin noudattamaan opasteita.

Veturilaitteasennuksia on Suomessa tehty noin 700 kalustoyksikköön, ja ratalaitteissa on baliisien asennettu kanta noin 25 000 baliisia. JKV-järjestelmän komponenttien saatavuus on vaikeutunut 2000-luvun lopulta alkaen, eikä enää ole saatavilla esimerkiksi kaikkien toimittajien kaikkia käytössä olevia ratalaittekoodaimia, joskin korvaavia tuotteita on markkinoilla. Myös JKV-veturilaitteiden saatavuus on ollut vaikeutunut 00-luvun lopulta saakka.

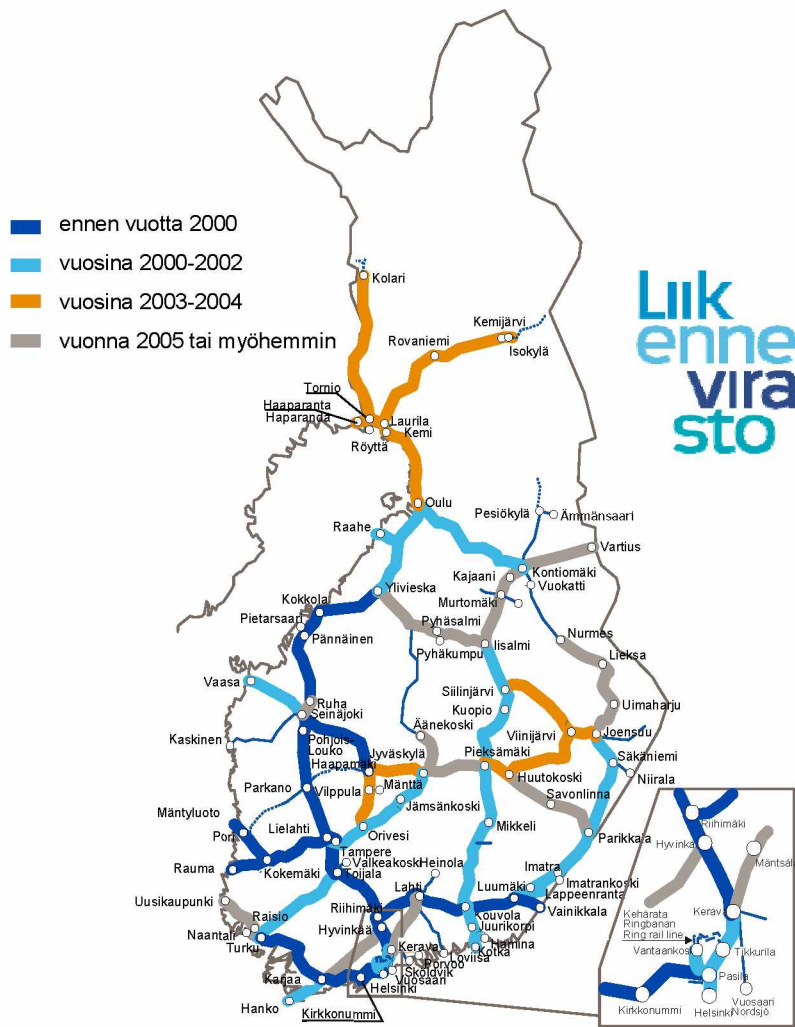
## 2.2 JKV-järjestelmän elinkaarenhallinta 2010–2020-luvuilla

Koska rautatieturvallustekniikkaa toimittava rautatieautomaatioteollisuus on investoinut merkittävästi 1990–2010-luvuilla yhteentoimivaan ERTMS/ETCS-järjestelmän mukaiseen tekniikkaan, pyrkii se tulevaisuudessa vähitellen ja hallitusti eroon aikaisemmista tuoteperheistään ajaen tuotannon alas korvatakseen asiakastarpeet uuden sukupolven yhteentoimivilla ratkaisuilla. Tämä kehitys pakottaa vääjäämättä siirtymisen ERTMS/ETCS-järjestelmään ajallaan, koska vanhoja järjestelmiä ei tueta ikuisesti.

Koska JKV-järjestelmän elinkaari on päättymässä, on ERTMS/ETCS-järjestelmään siirryttävä, vaikka sen hyödyntäminen välttämättä tuo edistystä tai parannusta nykyiseen järjestelmään nähden. Uuteen järjestelmään siirrytään, koska vain se täyttää pitkäjännitteisen elinkaarenhallinnan edellytykset toimitusvarmoille usean toimittajan veturi- ja ratalaitteiden markkinoille pitkälle 2020–2030-luvuille.

Radanpitäjän ja rautatieyritysten tulee järjestelmän tuotteiden elinkaarenhallinnalla ja siihen liittyvällä pitkäjännitteisellä toiminnalla varmistaa, että JKV-ratalaitteiden uusimista ei jouduta tekemään pakotetusti liian aikaisin tai lyhyellä varoitusajalla, koska ratalaitteiden saatavuuden heikkeneminen, ratalaitteiden ohjelmointityökalujen puute, järjestelmään liittyvän tietotaidon ja osaamisen heikentyminen tms. syyt estävät nykyisen järjestelmän käytön jatkamisen tavoitellusti. Tällainen huonosti ennakoituun uusimiseen joutuminen aiheuttaisi merkittäviä lisäkuluja niin radanpidossa kuin vetävää kalustoa omistavissa tai liikennöivissä yhtiöissä. Se voisi myös johtaa liikennettä ja kalustokiertoja merkittävästi häiritseviin rajoituksiin.

Kuvassa 2 on esitetty nykyisen JKV-järjestelmän rakentamisen vaiheistus. JKV-järjestelmällä varmistetaan teknisesti junaturvallisuutta ja sen merkitys turvallisuudelle on keskeinen. Liikennöitäessä ilman junien kulunvalvontaa, junaturvallisuus heikkenee ja tällaisen liikenteen nopeus on nykyisin rajoitettu enintään 80 km/h nopeuteen. (Vainiomäki, 2014)



Kuva 2 Nykyisen junien kulunvalvontajärjestelmän käyttöönottoajankohdat.



## 3 Täsmällisyysjohtaminen

### 3.1 Häiriöttömän siirtymäkauden periaatteista

Rautatieliikenteen turvallisuuden, sujuvuuden ja häiriöttömyyden varmistaminen on kaikissa tilanteissa otettava huomioon. Lähtökohtana on pidettävä, että kaikki nämä varmistetaan myös ERTMS/ETCS-järjestelmän rakentamisen yhteydessä, jotta voidaan varmistaa ympäristöystävällisen rautatieliikenteen asiakastyytyväisyys ja rautateiden kilpailukyvyyn säilyttäminen ja paraneminen jatkossakin.

Täsmällisyysjohtamisen ja häiriöttömän siirtymäkauden yleiset tavoitteet ERTMS/ETCS-järjestelmän käyttöönottoa suunnitellessa ovat seuraavat:

- Rautatieliikenteen täsmällisyys ei saa heikentyä ERTMS/ETCS:stä johtuen.
- Järjestelmä rakennetaan liikennettä varten liikenteen ehdoilla, ja rakentaminen suunnitellaan ja valmistellaan niin, että liikenteelle aiheutuvat häiriöt minimoidaan.
- Rataosuuksien hyötypituudet, kapasiteetin ja nopeustasojen on pysyttävä vähintään samalla tasolla kuin nykyisessä JKV-järjestelmässä.
- Rakentamisjärjestys on suunniteltava siten, että JKV-alueilta on riittävä pääsy tarvittaville huoltopisteille.

ERTMS/ETCS-järjestelmän rakentaminen ja käyttöönotto on monivaiheinen prosessi, joka tuotekehitysvaiheesta käyttöönottovaiheen loppuun asti ulottuu usealle vuosikymmenelle johtuen Suomen valitsemasta veturilaitteiden asennusta painottavasta käyttöönottostrategiasta. Varsinainen käyttöönottovaihe ajoittuu noin vuosille 2025–2035, jolloin on jatkuvasti käynnissä käyttöönottoon liittyviä isoja rautatieturvallisuuden rakentamis- ja muutoshankkeita, mutta infrastruktuuriin ja kalustoon tehdään muutoksia jo aiemmin.

Kaikissa ERTMS/ETCS-järjestelmän elinkaaren vaiheissa on otettava huomioon mahdolliset toimenpiteet rautatieliikenteen täsmällisyyden varmistamiseksi. Kuhunkin vaiheeseen soveltuvat toimenpiteet selvitetään, sovitaan ja toteutetaan yhteistyössä rataverkon haltijan ja liikennöitsijöiden kanssa. Tärkeää on keskittyä ennakoiviin toimenpiteisiin, joilla voidaan välttää häiriötilanteet, joten kehitys- ja suunnittelu- vaiheeseen on panostettava erityisen paljon verrattuna muihin rautatieturvallisuushankkeisiin.

Kuvassa 3 on kuvattu huoltopisteet, joille pääsy on turvattava siirtymäkaudella, kun JKV-ratalaitteista siirrytään vähitellen ERTMS/ETCS-ratalaitteisiin, mutta vetävässä kalustossa on yhä liikenteessä vain JKV-veturilaittein varustettuja yksiköitä.



Kuva 3 Rataverkon vetävän kaluston huoltopisteet, joihin pääsy on turvattava muutosvaiheessa.

## 3.2 Kapasiteetin säilyttäminen

ERTMS/ETCS-järjestelmää suunniteltaessa on pyrittävä siihen, että rataosuuksien kapasiteetti voidaan säilyttää vähintään yhtä korkealla tasolla kuin nykyisellä JKV-tekniikalla. ETCS/ETCS-järjestelmä eroaa jonkin verran JKV-järjestelmästä toiminnallisuuden kannalta, koska JKV on kehitetty räätälöidysti Suomen olosuhteisiin sopivaksi, kun taas ERTMS/ETCS on kehitetty yhteiseurooppalaisessa yhteistyössä, jota on leimannut monitasoisen komiteatyöskentelyn kompromissit. ERTMS/ETCS-järjestelmän yhteisiä ominaisuuksia ei ole mahdollista muuttaa, mutta jonkin verran on mahdollista sovittaa toiminnallisuutta Suomen olosuhteisiin järjestelmän ns. kansallisten parametrien avulla. ERTMS/ETCS:n toiminnallisuus sovitettuna Suomen olosuhteisiin ja käyttösääntöihin sekä kansallisten parametrien määrittäminen on tästä syystä tehtävä huolella. Näiden lisäksi on mahdollista parantaa kapasiteettia rataosuuksittain lisäämällä toistopisteitä tai välittämällä lisääajotietoja eurosilmukan tai radioverkon kautta.

Ensimmäisiä ERTMS/ETCS-ratalaitevarustuksia rakennettaessa määrittäyty pitkälti sen tuleva toiminnallisuus, joten suunnittelutyö, toiminnallisuuden testaus ja mahdollisten puutteiden korjaus on tehtävä huolella ennen laajamittaista rakentamista, jotta voidaan välttää kalliit korjaukset myöhemmin. Rakentamisvaiheen alkuun on vielä n. 10 vuotta, missä ajassa ehditään toteuttaa koeradon päivitys ja kattavat testit, jotka

ovat tarpeen toiminnallisuuden riittäväksi varmistamiseksi. Suomeen tulee luoda kansallinen ERTMS/ETCS-sovellusosaaminen, jonka varassa rakentaminen ja järjestelmän jatkuva ylläpito ja kunnossapito voidaan toteuttaa asiantuntevasti.

### 3.3 Vakiintuneen tekniikan varmistettu hyödyntäminen

Eräänä syynä Suomen suhteellisen myöhäiseen käyttöönottoaikatauluun on pyrkimys välttää ERTMS/ETCS-tekniikan ns. lastentaudit. Suomessa siirrytään ERTMS/ETCS-järjestelmään hyödyntäen sen viimeisintä v. 2012 hyväksyttyä B3-versiota. Odotettavissa on, että käyttöönoton jälkeen ensimmäisten vuosien aikana esiintyy paljon uudesta tekniikasta ja sen soveltamisen ongelmista johtuvia vikoja ja häiriöitä. Muissa Euroopan maissa siirrytään tai on siirrytty ERTMS/ETCS-järjestelmään jo aiemmin, joten näitä kokemuksia ja tuotekehitystä kannattaa pyrkiä hyödyntämään Suomessa. Suomen kansallisiin olosuhteisiin, tekniikkaan ja käyttösääntöihin sovittaminen saattaa kuitenkin aiheuttaa alkuvaiheessa enemmän häiriöitä, joten potentiaaliset vika-lähteet pitäisi pystyä eliminoimaan jo suunnittelu- ja testausvaiheessa.

Testejä on suoritettava todellisissa olosuhteissa pilottiradalla ja kaupalliseen liikenteeseen tarkoitetulla radalla, mutta suurin osa testeistä voidaan toteuttaa tätä ennen myös laboratorio-olosuhteissa mallintamalla, jolloin voidaan vähentää testien vaikutuksia muuhun liikenteeseen ja mahdollisia häiriöitä. Laboratoriotestejä on mahdollista teettää Euroopassa olevissa riippumattomissa laboratorioissa, mutta harkittava on myös mahdollisuutta rakentaa vastaava laboratorio Suomeen Liikenneviraston toimesta. Tällöin on mahdollista teettää testit rakentamiseen ja käyttöönottoon soveltuvalla tavalla ilman ylimääräisiä viiveitä aikataulussa. Lisäksi oman laboratorion rakentaminen edistää suomalaista ERTMS/ETCS-osaamista ja mahdollistaa todennäköisesti kattavammat testit. Testaaminen laboratorio-olosuhteissa on huomattavasti koeajoja tuloksekkaampaa ja tuottavampaa, mutta koeajojakaan ei voida kokonaan välttää.

Rakentamisvaiheen häiriöiden minimoimiseksi on rakentaminen suunniteltava vaiheittain siten, että komponenttien kytkennät ja testaukset voidaan suurimmaksi osaksi toteuttaa ilman liikenne- tai jännitekatkoja. Komponenttikytkentöjä on mahdollista tehdä jo ennakolta, ja tätä varten rajapintakytkentäsuunnitelmien olisi hyvä olla mahdollisimman vakioituja ratkaisuja, jolloin tapauskohtaisia eroja tai testejä ei tarvita liiaksi.

Rakentamisvalmiutta on edistettävä kokonaisuutena. Liikennevirasto vastaa pitkäjänteisen suunnitelman toteuttamisesta rakentamisvalmiuden varmistamiseksi.

## 4 ERTMS/ETCS-järjestelmän toteutustavan valinnasta

### 4.1 ERTMS/ETCS-tason 1 ominaisuuksista

ERTMS/ETCS-taso 1 on hyvin samantyyppinen nykyisin käytössä olevan JKV-tekniikan kanssa, joskin toiminnallisuudessa on joitakin eroja. Kyseessä on piste-mäinen kulunvalvontajärjestelmä, jossa tiedonsiirto rata- ja veturilaitteiden välillä tapahtuu eurobaliisien kautta. Kapasiteettia on mahdollista lisätä eurosilmukan tai radioverkon kautta annettavilla lisäajotiedoilla. (Järvinen, 2012)

### 4.2 ERTMS/ETCS-tason 2 ominaisuuksista

ERTMS/ETCS-tasossa 2 tiedonsiirto toteutetaan jatkuvana GSM-R-radioverkon kautta, mikä mahdollistaa korkeamman kapasiteetin, sillä tieto opasteen muuttumisesta voidaan välittää välittömästi veturilaitteelle. Rataosuuden ominaisuuksista, kuten raiteiden lukumäärästä, liikennöintitiheydestä ja suojavälien pituudesta, riippuu, kuinka hyvin tätä lisäkapasiteettia pystytään käytännössä hyödyntämään. Raiteen vapaanaolon valvonta toteutetaan edelleen ratalaitteilla, kuten raidevirtapiireillä tai akselinlaskijoilla. Suojavälit ovat kiinteitä, joten ratalaitteita on muutettava suojavälien lyhentämiseksi, mikäli kapasiteettihyötyjä pyritään maksimoimaan. Parempi kapasiteetti vaatii tiheämmin asennettuna runsaamman määrän ratalaitteita. (Järvinen, 2012)

Suojavälien lyhentäminen parantaa kapasiteettia molemmissa vaihtoehtoissa. Mikäli suojavälejä halutaan lyhentää, muutostyöt kannattaa toteuttaa vasta asetinlaitteen uusimisen yhteydessä. Muussa tapauksessa ne tulevat kalliiksi, eikä kaikkiin nykyisiin asetinlaitteisiin ole mahdollista lisätä suojavälejä johtuen asetinlaitteen kapasiteetista ja käytetystä tekniikasta.

ERTMS/ETCS-järjestelmää rakentaneissa maissa on todettu tason 2 antavan ratalinjalle n. 5–15 % lisää liikenteellistä läpäisykapasiteettia tason 1 järjestelmään verrattuna. Teoreettinen kapasiteetin lisäys junien keskinäisen etäisyyden perusteella laskettuna on perinteisillä suojaväleillä 16 %, mikä vastaa todellisuudessa havaittuja arvoja. (Stanley, 2011) Rataosuuden ominaisuuksista johtuen kaikkea teoreettista kapasiteetin lisäystä ei voida hyödyntää, jolloin todellinen arvo on alempi. Mikäli suojavälejä voidaan samalla lyhentää niin lyhyeksi kuin junan jarrutuskyky sen mahdollistaa, on teoreettinen kapasiteetin lisäys 52 %. Tällöin rataosuuden muut ominaisuudet on oltava optimaalisia kapasiteetin hyödyntämiseksi. Rataosuudella kulkevan liikenteen on oltava samantyyppistä samoilla nopeuksilla, ja osuuden on oltava vähintään kaksiraiteinen, jossa yhdellä raiteella liikennöidään ainoastaan samaan liikennöintisuuntaan, eikä junakohtauksia tai -ohituksia tarvitse tehdä.

ERTMS/ETCS-tason 2 rakentaminen on tasoon 1 verrattuna kalliimpaa, mutta rakentaminen voidaan toteuttaa kustannustehokkaammin silloin, kun asetinlaitetta uusitaan. Nykyisistä asetinlaitteista ei ole mahdollista saada ERTMS/ETCS-tason 2 vaatimia tietoja, joten niiden muuttaminen edellyttää käytännössä ns. sovitustietokoneen tai päällekkäisen asetinlaitteen rakentamista.

Yksi kustannuksiin vaikuttava tekijä on myös käytettävä radioverkon tekniikka. Nykyinen GSM-R- eli RAILI-radioverkko ei sellaisenaan sovellu ERTMS/ETCS-tason 2 tiedonsiirtoverkoksi, joten radioverkko on päivitettävä tai rakennettava uudestaan tason 2 osuuksia varten. Radioverkkojen teknologia on jatkuvassa kehityksessä, joten vuoteen 2020 mennessä odotetaan tehtävän päätös, mitä teknologiaa tullaan jatkossa käyttämään. Jos seuraavan Suomeen rakennettavan rautatieradioverkkosukupolven teknologia soveltuu sellaisenaan hyödynnettäväksi ERTMS/ETCS-tasolla 2, ei merkittäviä kustannuksia radioverkon päivityksestä sitä varten tule. Rakentaessa on kuitenkin otettava huomioon rautatieturvallisuuden ja liikennöintitiheyden kapasiteettitarpeet, joten jonkin verran lisää kustannuksia saattaa tulla tukiasemien rakentamisesta tiheämpään kuin muuten olisi tarve.

Suomessa on paljon yksiraiteisia rataosuuksia, joilla ERTMS/ETCS-tason 2 tuottamaa kapasiteettilisäystä ei voida käytännössä hyödyntää, koska liikenne on sekaliikennettä. Suurimmat pullonkaulat aiheutuvat eri suuntiin kulkevien junien junakohtauksista tai sekaliikenteen eri nopeuksilla kulkevien junien ohituksista.

ERTMS/ETCS-tason 2 hyödyntäminen voisi tuoda joitain etuja tilapäisten nopeusrajoitusten toteuttamiseen mm. routa-aikana keväisin.

## 4.3 ERTMS/ETCS-tason 3 ominaisuuksista

ERTMS/ETCS-tasoa 2 teknisesti pidemmälle viedyn ERTMS/ETCS-tason 3 ratkaisuisa vähennetään edelleen rautatieinfrastruktuurin ratalaitteita toteuttamalla junan kokonaisuuden valvonta junaan sijoitetulla laitteilla. Ratkaisun edellyttämien tuotteiden kehitys on kuitenkin vielä hyvin epävarmaa, sillä teollisuus keskittyy tätä nykyä ERTMS/ETCS-tason 1 ja 2 tuotteisiin.

Mm. Alankomaissa ERTMS/ETCS-tason 3 ratkaisuja on tutkittu ja niihin on osoitettu mielenkiintoa, mutta ratkaisujen markkinoille tulon ajankohta ei ole tiedossa ja jatkotutkimukset keskittyvät erityisesti tunnistettuihin ongelmakohtiin: varmistettuun junan kokonaisuuden hallintaan ja uudelleenkäynnistymiseen järjestelmävikatilanteista. (I&M, 2014)

## 4.4 ERTMS/ETCS-tasot 1, 2 ja 3, toteutustavan valinta eri maissa

ERTMS/ETCS-järjestelmä voidaan rakentaa kolmella tasolla, joista kaksi ensimmäistä, tasot 1 ja 2 ovat kaupallisesti jo saatavilla, kun taas tason 3 ratkaisut ovat vielä konseptiasteella. Eri maissa on ERTMS/ETCS-järjestelmää toteutettu tai suunniteltu toteutettavan erilaisin ratkaisuin, joita alla on lyhyesti referoitu eri lähteistä löydettyin tiedoin.

Suurnopeusradoilla ja rautatieturvallisuuden osalta kokonaisvaltaisesti uusittavilla radoilla suositetaan ERTMS/ETCS-tason 2 ratkaisuja, mutta myös ERTMS/ETCS-taso 1 on yleisesti hyödynnetty.

#### **4.4.1 Itävalta, ERTMS/ETCS-taso 1 ja useampiraiteisilla radoilla ERTMS/ETCS-taso 2**

Itävallan rautatieinfrastruktuurinhaltija ÖBB Infra soveltaa rataverkollaan ERTMS/ETCS-tasoja 1 ja 2. ERTMS/ETCS-tason 1 rataosia on rakennettu kolme, pituudeltaan noin 155 km, joista yksi rataosa (Heygeshalom–Wien-välillä) on tällä hetkellä pois käytöstä, koska sitä päivitetään versioon 2.3.0.d. ERTMS/ETCS-tason 2 ratoja on käytössä viisi, yhteispituudeltaan noin 280 km. (ÖBB-Infrastruktur, 2014) ERTMS/ETCS-tasoa 2 on sovellettu kaksi- ja kolmeraiteisille, Tukholma–Napoli-välin käytävä B:n itävaltalaiselle osalle, johon hankkeeseen on saatu 50 % EU-tuki. (INEA, 2013). Kaikki itävaltalaiset ERTMS/ETCS-radat ovat tällä hetkellä kaksoisvarusteltuja.

#### **4.4.2 Belgia, ERTMS/ETCS-taso 1 ja suurnopeusradoilla ERTMS/ETCS-taso 2**

Belgian rataverkonhaltija Infrabel on valinnut ERTMS/ETCS-tason 1 ensisijaiseksi ERTMS/ETCS-järjestelmän käyttöönottoavaksi. Suurnopeusradat Saksan ja Hollannin suuntaan on varustettu ERTMS/ETCS-tasolla 2. (Globalrailnews, 2012) Belgiassa ERTMS/ETCS-ratalaiterakentaminen on vaiheistettu seuraavasti: ensimmäisessä vaiheessa vuoteen 2015 mennessä täydennetään sikäläisen perinteisen junakulunvalvontajärjestelmän (TBL+) rakentaminen. Vuosina 2015–2022 rakennetaan ERTMS/ETCS-tasoa 1 ja tehdään siitä vuonna 2025 standardi kaikille rataverkolla liikennöiville rautatieyrityksille. Vuosina 2030–2035 on suunnitelmissa mahdollisesti siirtymä laajemmin ERTMS/ETCS-tason 2 hyödyntämiseen. (INFRABEL, 2014)

#### **4.4.3 Luxemburg, koko pienellä rataverkolla ERTMS/ETCS-taso 1**

Luxemburgin koko pieni rataverkko on varustettu ERTMS/ETCS-tason 1 järjestelmällä, ja vuodesta 2017 koko liikkuvan kaluston on oltava asennettuna. Matkustajaliikenteen junat, yli 100 yksikkö varustetaan noin 30 M€ kustannuksin. (I&M, 2014)

#### **4.4.4 Sveitsi, aloitus ERTMS/ETCS-taso 1 (LS), jatkossa ERTMS/ETCS-taso 2**

Sveitsissä ratalaiterakentaminen on aloitettu ns. rajoitetun valvonnan erikoisratkaisulla ERTMS/ETCS-taso 1 (LS) engl. "Limited Supervision", jolla olemassa oleva ratalaiterakentaminen muutetaan nopeasti ERTMS/ETCS-tason 1 ratalaitteisiin, joissa hyödynnetään myös jo olemassa olevan ratalaiterakentamisen sanomia. Sveitsiläisen liikkuva kalusto on määrä olla asennettuna ERTMS/ETCS B3 -versioon vuoteen 2017 mennessä. Vuodesta 2018 alkaen ratalaiterakentamista toteutetaan ERTMS/ETCS-tasoon 2. Sveitsille on tyypillistä erittäin kallis rautatieinfrastruktuurirakentaminen siltoineen ja tunneleineen. (I&M, 2014)

#### **4.4.5 Italia, suurnopeusradoilla ERTMS/ETCS-taso 2**

Italiassa noin 670 km suurnopeusrataa on asennettu ERTMS/ETCS-tasoon 2. Seuraavaksi varustetaan Firenze–Rooma-välin suurnopeusradat. Uudet radat rakennetaan ERTMS/ETCS-tasoon 2, mutta ratojen kattava rakentaminen on tulevaisuudessa. (I&M, 2014)



#### **4.4.6 Saksa, ERTMS/ETCS-taso 1 (LS), suurnopeusradoilla ERTMS/ETCS-taso 2**

Saksassa rataverkko, joka on nykyään varustettu pistemäisellä junien kulunvalvonnalla (PZB, saks. punktförmige Zugbeeinflussung), tullaan varustamaan ERTMS/ETCS-taso 1 (LS) mukaisesti. Suurnopeusradat yli 160 km/h, joissa nykyään on asennettuna jatkuvatoiminen junien kulunvalvonta (LZB, saks. linienförmige Zugbeeinflussung), varustetaan ERTMS/ETCS-tason 2 ratkaisuin. Saksassa on toistaiseksi sitouduttu vain eurooppalaisten käytävien varustamiseen, kuten käytävä A Rotterdam–Genovavälillä. (Railway Gazette, 2013)

#### **4.4.7 Ruotsi, Citybanan-kaupunkiradalla ERTMS/ETCS-taso 1, käytävä B ERTMS/ETCS-taso 2 tai 1, vähäliikenteisten ratojen kokeilut (ERTMS Regional)**

Ruotsin valtion rataverkonhaltija Trafikverket painottaa suunnitelmissaan Tukholma–Napoli-välillä sijaitsevan ruotsalaisen käytävä B:n osan varustamista ERTMS/ETCS-tason 2 ratkaisuin tai mahdollisesti osittain myös tasolla 1. Kaupunkiradoilla kuten Citybanan-radalla Tukholmassa hyödynnettäneen ERTMS/ETCS-tasoa 1. Trafikverket on tehnyt oo-luvun alusta lähtien kokeiluja vähäliikenteisten ratojen ns. ERTMS Regional -ratkaisulla, johon on omaksuttu ERTMS/ETCS-tason 3 piirteitä, ja joitain ratoja voidaan varustaa sillä. (Trafikverket, 2012)

#### **4.4.8 Norja, koko rataverkon varustaminen ERTMS/ETCS-taso 2**

Norjassa koko rataverkon rautatieturvallisuuslaitteiden uusiminen tulee elinkaarenhallintasyistä ajankohtaiseksi, ja siellä on päätetty siirtyä ERTMS/ETCS-tason 2 hyödyntämiseen koko rataverkolle vuoteen 2030 ulottuvalla rakentamisella, joka alkaa v. 2014. (I&M, 2014) (Jernbaneverket, 2013)

#### **4.4.9 Tanska, ERTMS/ETCS-taso 2 pääradoille, kaupunkiradoille CBTC-radiojunakulunvalvonta**

Tanskan kunnianhimoinen rautatieturvallisuuslaitteiden uusimisohjelma kattaa koko kaukoliikennetietoverkon (2100 km), jonka varustaminen kahden laitetoimittajan projekteilla ERTMS/ETCS-tasolle 2 maksaa noin 700 M€. Kööpenhaminan seudun kaupunkiradat (170 km) asennetaan CBTC-radiojunakulunvalvonnalla, engl. "communications-based train control" noin 250 M€ kustannuksin. (Barrow, 2012)

Tanskan ERTMS/ETCS-ratalaiterakentaminen on osa koko valtakunnan vanhat turvalaitteet uudistavaa mittavaa uusimisohjelmaa, jossa uusitaan myös kaikki asetinlaitteet. Hankkeen kokonaiskustannukset ovat 2,4 mrd. euroa (vuoden 2009 hintatasossa). Kun siihen lisätään riskimarginaali 30 % Tanskan valtion ohjeiden mukaisesti, saadaan arvioituksi kokonaiskustannuksiksi 3,2 mrd. euroa. Kustannusarvio sisältää kaiken: asetinlaitteet, ERTMS/ETCS-ratalaitteet, yms. tarvittavat laitteet, ohjelmistot, veturilaitteet, suunnittelun, projektinhallinnan, rajapinnat, toteutuksen, turvallisuuslupahakemusten ja muut uudistuksesta aiheutuvat suorat kustannukset. (Banedanmark, 2009)

#### **4.4.10 Britannia, ERTMS/ETCS-taso 2 koko rataverkolle 30 vuoden kuluessa**

Britannian ERTMS/ETCS-tasoa 2 painottava käyttöönotto ulottuu seuraaville 30 vuodelle. (I&M, 2014) (Office of Rail Regulation, ORR, 2014)

#### 4.4.11 Espanja, suurnopeusradoilla ERTMS/ETCS-tasot 1 ja 2

Espanjassa suurnopeusrataverkko on laajasti noin 1600 km pituudelta varustettu ERTMS/ETCS-tason 1 ja 2 ratkaisuin ja lisää suurnopeusrataverkkoa noin 900 km pituudelta on rakenteilla. (I&M, 2014)

### 4.5 Suomi, ERTMS/ETCS-taso 1 yksiraiteisella rataverkolla, useampiraiteisella ERTMS/ETCS-taso 1 tai 2

ERTMS/ETCS-tason 1 järjestelmä on Suomen valtion valtaosin yksiraiteisella rataverkolla ensisijainen vaihtoehto. Suomessa ei ole suunnitteilla massiivisia asetinlaiteusintoja, joiden yhteyteen voitaisiin edullisesti liittää asetinlaiteusinnan yhteydessä tapahtuva ERTMS/ETCS-tason 2 ratalaiterakentaminen. Suomen yksiraiteisen rataverkon topologia ei suosi kapasiteettitietoja, joita voidaan saavuttaa hyödyntämällä jatkuvatoimista junien kulunvalvontaa ERTMS/ETCS-tasolla 2, eikä rataverkkomme eikä sillä liikennöivä vetävä kalusto juurikaan kykene hyödyntämään suuria, reilusti yli 200 km/h nopeuksia, joissa se on tarpeen. Rataverkkomme yksiraiteiselle pääosalle soveltuu lähtökohtaisesti paremmin ERTMS/ETCS-tason 1 pistemäinen junien kulunvalvonta, jota voidaan täydentää lisäajotiedoin esim. silmukoilla.

Kaksi- tai useampiraiteisen rataverkon osalta ERTMS/ETCS-tason 2 ratkaisut voivat olla teknistaloudellisesti mielekkäämpiä, erityisesti, jos se voidaan toteuttaa samanaikaisesti asetinlaiteusimisen yhteydessä. Asetinlaiteusimisen ja ERTMS/ETCS-ratalaiterakentamisen yhteensovittaminen on siksi tärkeää.

Suomessa tulee laatia kattava ERTMS/ETCS-ratalaiterakentamisen puiteohjelma, jolle myös varataan pitävä hankerahoitus poliittisilla päätöksillä valtiovallan toimesta. Tällainen ohjelma on ajankohtainen viimeistään noin vuonna 2020, kun ERTMS/ETCS-tason 2 edellyttämän tiedonsiirtoradioverkkoratkaisujen eurooppalaiset päätökset on tehty. Noiden päätösten perusteella tiedetään, joudutaanko ERTMS/ETCS-tason 2 ratkaisuihin hyödyntämään kallista rautatie-erityistä matkaviestinverkkoa nykyisen GSM-R-verkon korvaajana, vai voidaanko hyödyntää olemassa olevia matkapuhelinverkkoja tms. olemassa olevia ratkaisuja. Myös ERTMS/ETCS-tason 2 vaatimat radiosuojastuskeskustuotteet ovat tuolloin pidemmälle tuotteistettuja ja tunnettumpia.

Kuva 4 korostaa suomalaisen rautatieverkon vallitsevaa yksiraiteisuutta, jolle ERTMS/ETCS tason 1 ratkaisu on luontevin vaihtoehto.



Kuva 4

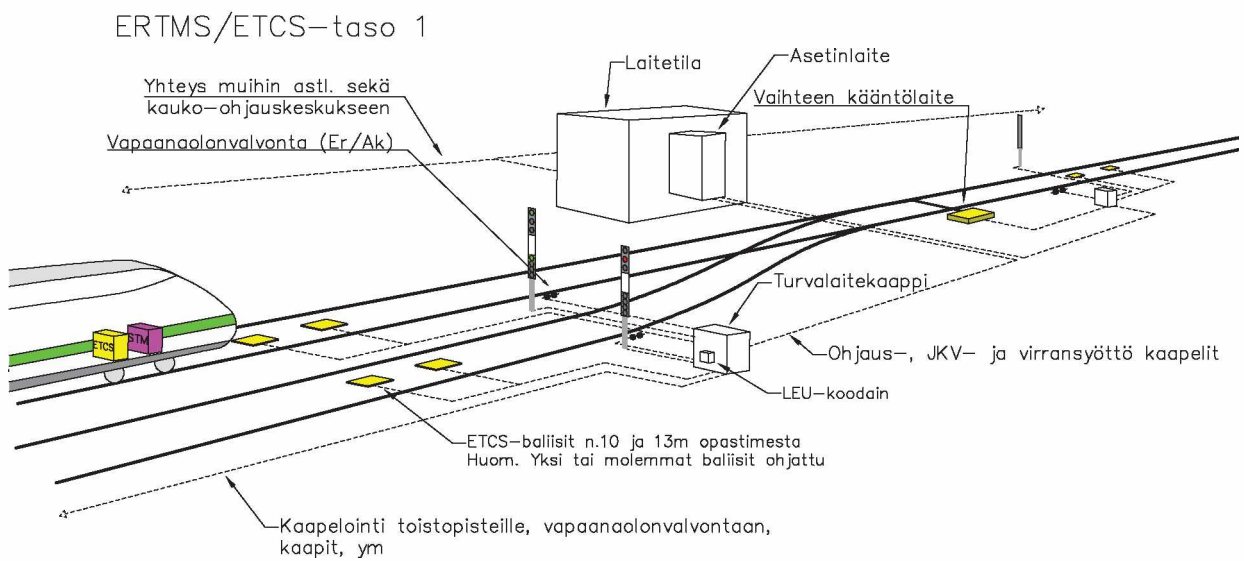
Suomen junien kulunvalvonnalla varustettu rataverkko on pääosiltaan yksiraiteinen (tilanne vuonna 2020).

## 5 Rakentamiskonseptit

### 5.1 Rakentamistapa, ERTMS/ETCS-taso 1

ERTMS/ETCS-tason 1 rakentaminen on hyvin samankaltaista kuin JKV:n toteuttaminen. Merkittävimmät erot rakentamisen suunnitteluun ovat kaksoisvarustuksen tarpeet sekä JKV-järjestelmän purkaminen.

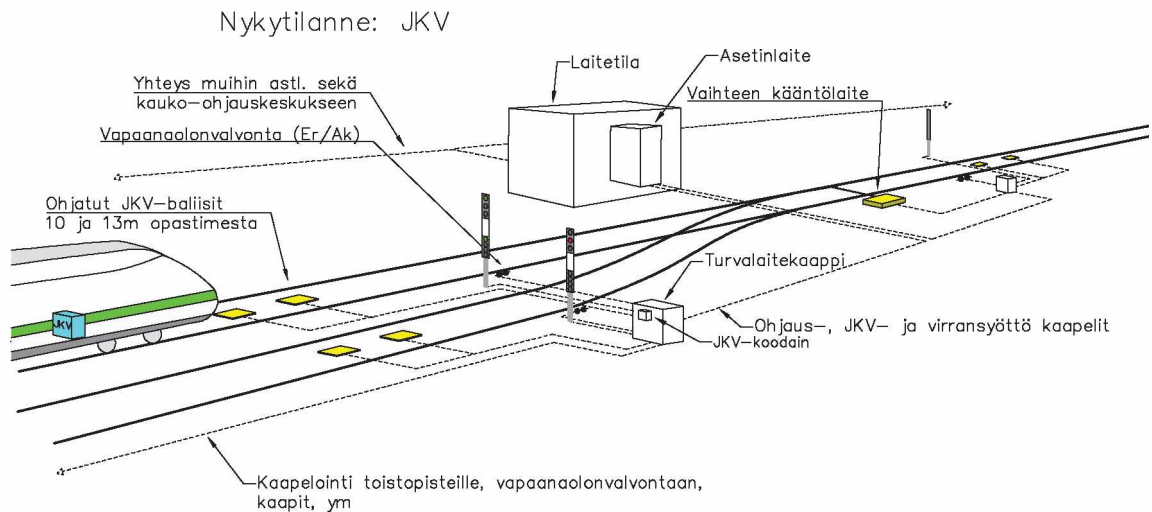
Kuvassa 5 esitetään ERTMS/ETCS-tason 1 ratalaitteiden liittyminen rata- ja veturi-laitteiden kokonaisuuteen.



Kuva 5 ERTMS/ETCS-tason 1 ratalaitteet radassa (kuva Kai Kiihtelys).

JKV-järjestelmää rakennettaessa rataverkolla ei ollut olemassa olevaa junien kulunvalvontajärjestelmää, jolloin rakentaminen oli yksinkertaisempaa. ETCS-järjestelmää rakennettaessa on rakentamisen aikana oltava käytössä toimiva kulunvalvontajärjestelmä, joten rakentaminen ja siirtymävaihe on tehtävä mahdollisimman saumattomasti. JKV-ratalaitteet on purettava samanaikaisesti, mikä hidastaa jonkin verran rakentamista.

Kuvassa 6 esitetyn JKV-järjestelmän liitännät ovat hyvin samankaltaisia ERTMS/ETCS-tason 1 laitteiden kanssa.



Kuva 6 JKV:n nykytilanne (kuva Kai Kiihtelys).

ETCS-järjestelmässä baliisien lukumäärä riippuu valitusta toteutustavasta. Informaatiopiste koostuu yhdestä kahdeksaan (1-8) baliisista. Haluttaessa voidaan opastin- ja fiktiivipisteissä ohjata vain toista baliisia. Tällöin säästyisi kaapelointikustannuksia, mutta käytettävyys olisi huonompi, sillä yhden baliisin vikaantuminen aiheuttaisi häiriöitä liikenteeseen. Suunnittelun ja rakentamisen oletuksena tässä vaiheessa on, että järjestelmä toteutetaan baliisien suhteen samalla konseptilla kuin JKV-järjestelmä. Tämä tarkoittaa sitä, että baliisien määrä ja tyypit ovat samanlaisia, vaikka ETCS-järjestelmä mahdollistaisi toisenlaisenkin konfiguraation.

Informaatiopiste koostuu aina kahdesta baliisista. Opastin- ja fiktiivipisteessä on kaksi ohjattua baliisia, joissa on sama sanoma varmistuksen vuoksi. Kaksi ohjattua baliisia lisää luotettavuutta, jos yksi baliisi on viallinen, jolloin yksi vika ei aiheuta häiriöitä liikenteelle. Toistopisteessä on vastaavasti yksi ohjattu ja yksi kiinteä baliisi.

ERTMS/ETCS-tason 1 rakentaminen nykyisin JKV-järjestelmällä varustetuille rataosuuksille on helppoa silloin, kun asetinlaitteen ja JKV-baliisien rajapinnassa on koodaimet. Muussa tapauksessa asetinlaitteeseen on tehtävä merkittäviä muutoksia tai varauduttava sen uusimiseen samassa yhteydessä. Rakentaminen on toteutettava mahdollisimman sujuvasti liikenteen ehdoilla, joten ennakkovalmistelut on suunniteltava huolellisesti ennen liikenteen katkaisemista. Rakentamisessa on tehtävä ratalaitteisiin seuraavia muutoksia:

- JKV-koodaimet vaihdetaan LEU-koodaimiksi
- Baliisit vaihdetaan eurobaliiseiksi
- Kaapelointeja vaihdetaan tarvittavilta osin, käytettävyyden varmistamiseksi saattaa rakentamisvaiheessa olla järkevää uusaa kaikki kaapelit
- Tarvittaessa on asennettava turvalaitekaapin seinään erillinen kaappi, jos LEU-koodain ei mahdu kaappiin

Hyvällä ennakkovalmistelulla voidaan lyhentää merkittävästi radalla tarvittua asennusaikaa ja liikennekatkoja. Tällaisia ennakkovalmisteluja voidaan tehdä jo ”tehdastyönä”, ennen radalle menoa:

- Ohjelmoidaan baliisit opastinkohtaisesti
- Valmistellaan LEU-koodaimet opastinkohtaisesti
- Kytetään kaapelit ja liittimet valmiiksi
- Suoritetaan komponenttikohtaiset testit
- Dokumentoidaan komponentit, asennustyö ja tarkastukset valmiiksi lopullisia käyttöönottotarkastuksia varten

Lisäksi radalla voidaan tehdä valmistelevia töitä, kuten laitetilojen tilavaraukset tai ylimääräiset kaapit isompia LEU-koodaimia varten sekä kaapeleiden ja liittimien valmistelu.

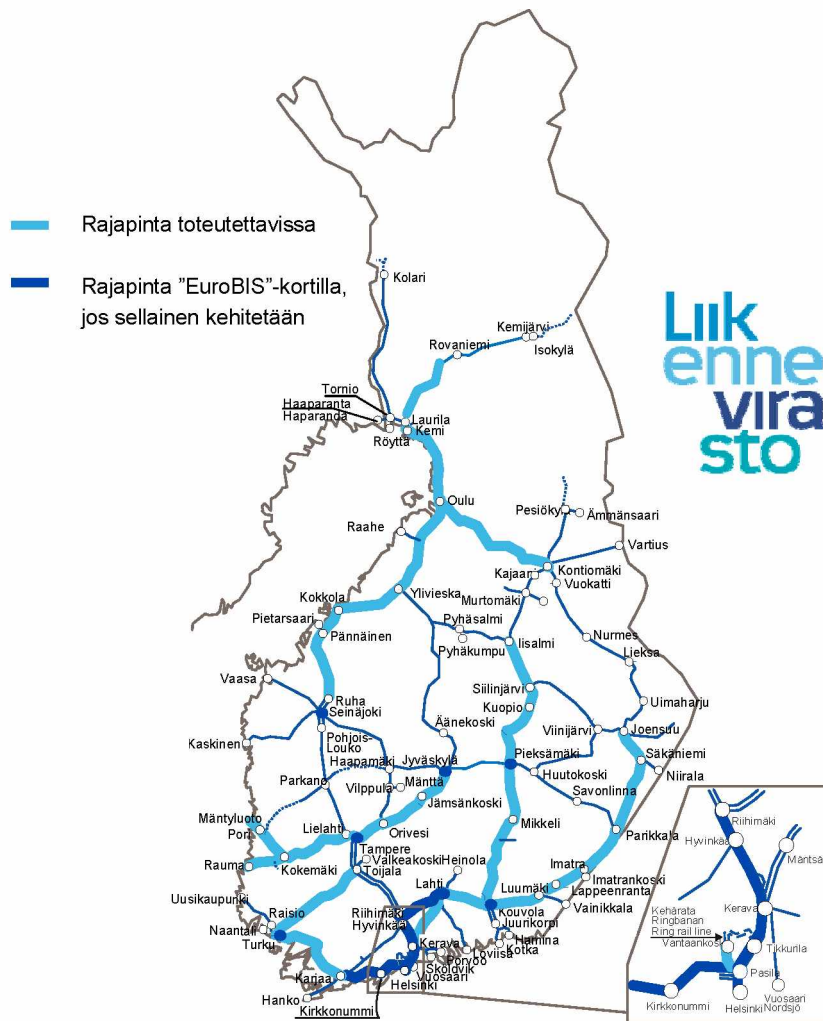
Liikenteen ehdoilla rakentaminen tarkoittaa sitä, että asennustyöt tehdään käytännössä öisin liikennekatkojen aikaan. Valmistelevat työt voidaan tehdä päiväsaikaan ja ”tehdastyönä”. Yhden opastimen, koodaimen ja toistopisteen arvioitu asennusaika on n. 2–3 h, kun töitä on tekemässä 3–4 asentajaa. Hyvällä ennakkovalmistelulla kyseistä aikaa voidaan vielä lyhentää. Asennukseen ja käyttöönottotarkastukseen tarvitaan muutama lyhyempi tai yhtämittainen liikennekatko. Arvioitu aika sisältää opastimen käyttöönottotarkastuksen mutta ei koeajoja. Koeajot on järkevää tehdä käyttöönotettavalle osuudelle pidempinä kokonaisuuksina.

Liikennekatkon aikana asennettavien opastinpisteiden määrä riippuu mukana olevien asentajaryhmien määrästä. Esimerkiksi kolmella asennusryhmällä voidaan yhdessä yössä suorittaa n. 6–9 opastimen asentaminen ja käyttöönottotarkastukset. Tällöin esim. (Lahti)–(Kouvola)-rataosuuden rakentaminen kestäisi n. 6–7 viikkoa. Tämä tarkoittaa sitä, että liikennöinti on järjestettävä häiriöttä myös rakentamisen aikana, joten rakentamisen vaiheistaminen osuuksittain on tärkeää.

JKV-rakennusalue tarvitaan rataosuudelle, jossa kulunvalvontajärjestelmää rakennetaan tai muutetaan siten, ettei se ole käytössä. JKV-rakennusalueella suurin sallittu nopeus on 80 km/h, joten se saattaa aiheuttaa rajoituksia liikenteelle, jos rataosuuden ominaisuudet sallisivat muuten suuremman nopeuden. Parasta olisi, että JKV-rakennusalue voidaan pitää pienenä ja se voitaisiin poistaa mahdollisimman pian hyväksytyjen koeajojen jälkeen. JKV-rakennusalueen pituuteen vaikuttavat myös valittu rakentamiskonsepti, haluttu kustannustehokkuus ja täsmällisyys sekä se, kuinka koeajot vaiheistetaan rakentamisen aikana.

Kuvassa 7 on esitetty asetinlaitteet, joihin ERTMS/ETCS-tason 1 toteuttaminen onnistuu.



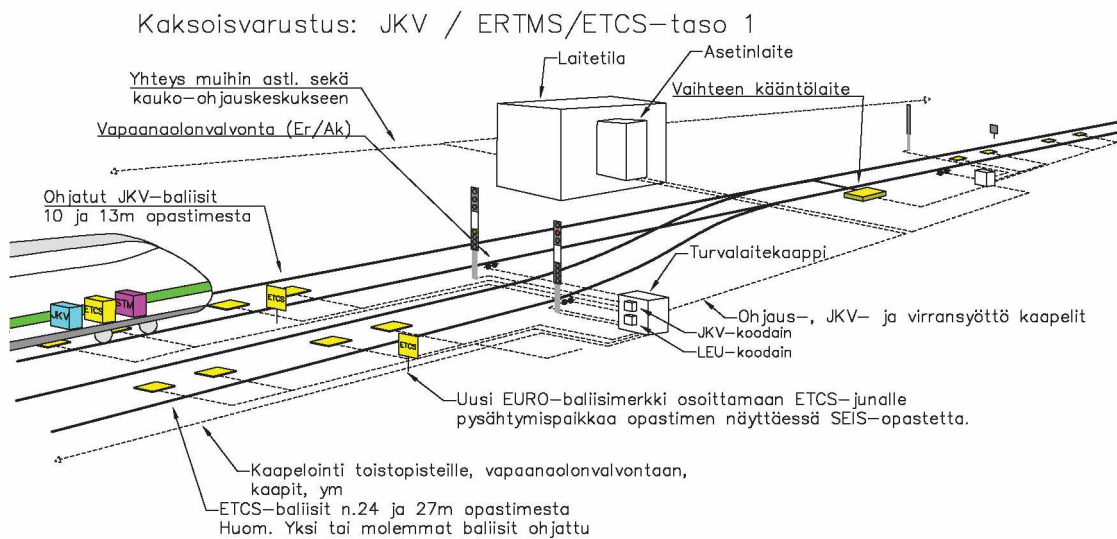


Kuva 7 Nykyiset asetinlaitteet, joihin ERTMS/ETCS-tason 1 edellyttämien rajapintojen toteutus onnistuu.

### 5.1.1 Kaksoisvarustus

Joillekin rataosuuksille ja tärkeimmille risteysasemille on liikenteen tarpeista johtuen rakennettava kaksoisvarustus lyhyen siirtymävaiheen aikana. Kaksoisvarustuksessa radassa on molempien järjestelmien, sekä JKV:n ja ETCS:n ratalaitteet. Kaksoisvarustuksessa JKV- ja ETCS-baliisien on oltava riittävän etäällä toisistaan, jotta ne eivät aiheuta häiriöitä. Raiteiden hyötypituudet lyhenevät ja toisen järjestelmän baliisit ovat kauempana opastimesta. Hyötypituuksien lyheneminen saattaa aiheuttaa liikennepaikoilla myös kapasiteettiongelmia. Kaksoisvarustuksen suunnittelussa on otettava huomioon liikennöinnin tarpeet.

Kuvassa 8 on esitetty JKV- ja ERTMS/ETCS-kaksoisvarustelu, jonka toteuttaminen ei järjestelmän monimutkaisuuden ja sen korkeiden kustannusten vuoksi sovellu laajalle rataverkolle.



Kuva 8 Kaksoisvarustus JKV ja ERTMS/ETCS-tason 1 järjestelmät (kuva Kai Kiihtelys).

Ratalaitteiden kaksoisvarustusta pyritään minimoimaan ja välttämään, ja sitä käytetään vain väliaikaisesti siirtymävaiheen aikana ja rajoituilla osuuksilla, sillä se aiheuttaa ylimääräisiä rakentamis- ja kunnossapitokustannuksia, ja toisen järjestelmän kanssa on tehtävä kapasiteettiin liittyviä kompromisseja.

Rakentamisen aikana on mahdollista rakentaa kaksoisvarustus. Tällöin eurobaliisit asennetaan valmiiksi rataa ja peitetään levyillä, jolloin veturilaitteet eivät tunnista niitä ennen varsinaista käyttöönottoa. Vaihto voidaan tehdä nopeasti rataosuuksittain, jolloin eurobaliisit voidaan ottaa kerralla käyttöön. Samalla puretaan JKV-baliisit. Asennustyöt voidaan tällöin tehdä pienemmissä vaiheissa, eikä liikenteen yökatkojen päättäminen ole riippuvaisia koeajoista. Huonona puolena on, että baliisit on asennettava riittävän kauaksi toisistaan. ETCS:n kannalta kaksoisvarustus on mahdollinen, ja JKV-baliiseja ei tarvitse purkaa, jos baliisien keskinäinen etäisyys on vähintään 10,5 m. Tällöin ETCS-baliisit on asennettava kauemmas opastimista, jolloin raiteiden hyötypituudet lyhenevät, ellei sijaintia muuteta vielä käyttöönoton yhteydessä. JKV-baliisien sijaintien muuttaminen saattaa olla hankalaa kaapeleiden pituuden vuoksi. Lisäksi lopulliset kytkennät on tehtävä käyttöönoton yhteydessä.

Kaksoisvarustetuilla rataosuuksilla JKV-ratalaitteiden purkaminen on toteutettava myöhemmin siirtymävaiheen sen salliessa, jolloin saattaa olla tarpeen tehdä muutoksia myös ERTMS/ETCS-järjestelmään riippuen kaksoisvarustuksen suunnitteluratkaisuista. Siirtymävaihetta nopeuttaa myös mahdollisuus käyttää jatkossa JKV-järjestelmässä ns. kaksineuvoista koodainta, jolloin ERTMS/ETCS-järjestelmää rakentaessa riittää koodaimen baliisiohjainkortin vaihto, mutta voidaan hyödyntää jo olemassa olevaa koodainrunkoa ja sen liityntää opastimen lamppuvirtapiiriin.

### 5.1.2 Yhden raiteen varustaminen molempiin suuntiin

Rakentamista on mahdollista vaiheistaa siten, että yksi raide varustetaan kerrallaan molempiin suuntiin. Tällöin rakennettavalle raiteelle on asetettava JKV-rakennusalue molempiin suuntiin, mikä rajoittaa suurimman sallitun nopeuden nopeuteen 80 km/h. Toisella raiteella voidaan liikennöidä enintään nopeudella 140 km/h, kun asennustöitä tehdään liikenteen ehdoilla. Konseptin hyötynä on, että se ei ole riippuvainen raiteistomallista. Haittana kuitenkin on, että yhdellä raiteella ei ole kulunvalvontajärjestelmää käytössä rakentamisen aikana.

Esimerkiksi 9 km pitkällä (Lahti)–(Villähde)-rataosuudella opastimia on 18 kpl, jolloin asentaminen koeajoihin kestää n. 2–3 yötä. Rataosuuden suurin sallittu nopeus on 200 km/h. Rataosuuden teoreettiset vaikutukset ajoaikaan ilman liikennepaikoille tapahtuvia kiihdytyksiä ja jarrutuksia ovat seuraavat:

- nopeudella 200 km/h ajoaika on 2 min 42 s
- nopeudella 140 km/h ajoaika on 3 min 51 s (-1min)
- nopeudella 80 km/h ajoaika on 6 min 45 s (-4min)

### 5.1.3 Raiteen varustaminen yhteen liikennöintisuuntaan kerrallaan

Rakentaminen on mahdollista vaiheistaa myös siten, että yhden tai useamman raiteen normaalin liikennöintisuunnan vastakkainen suunta varustetaan ensin. Ensimmäisen vaiheen aikana liikennöidään JKV:llä molemmilla raiteilla normaaliin liikennöintisuuntaan, kun liikenteeseen nähden vastakkainen suunta on ainakin yhdellä raiteella JKV-rakennusalueena. Vaikutukset liikenteeseen ovat tällöin kuitenkin vähäisemmät. Ensimmäisen vaiheen jälkeen vaihdetaan liikennöintisuunnat ja liikennöidään varustettujen raiteiden ERTMS/ETCS-järjestelmällä, minkä jälkeen voidaan varustaa raiteiden toiset liikennöintisuunnat myös ETCS:llä. Vaiheistuksen etuna on, että molemmat raiteet ovat käytössä normaaliin liikennöintisuuntaan JKV:llä tai ERTMS/ETCS:llä suurimman osan rakentamisajasta. Tällöin suurin sallittu nopeus rakentamisesta aiheutuen on 140 km/h, kun ratatöitä tehdään liikenteen ehdoilla. Huomioitavaa on kuitenkin, että joillakin liikennepaikoilla saattaa olla haastavaa muuttaa liikennöintisuuntaa ilman liikennehaittoja vaihdeyhteyksien tai rautatie-turvallitteiden rajoitusten vuoksi.

### 5.1.4 Liikennepaikat tapauskohtaisesti

Pienimmät liikennepaikat muodostavat rakentamisen aikana kokonaisuutena JKV-rakennusalueen, joka poistuu, kun ERTMS/ETCS on asennettu ja käyttöön otettu koko liikennepaikalle. Suuremmat liikennepaikat jaetaan tarvittaessa muutaman raiteen sisältäviksi kokonaisuuksiksi, jolloin koko liikennepaikkaa ei tarvitse kerralla muuttaa JKV-rakennusalueeksi. Mahdolliset jaot riippuvat myös ratapihan toiminnallisuudesta sekä siellä liikkuvan kaluston veturilaitteista. JKV-rakennusalueen suurin sallittu nopeus 80 km/h ei käytännössä rajoita nopeutta muualla kuin läpikulkuraiteilla. Liikennepaikkojen sivuraiteilla on mahdollista tehdä töitä muulloinkin kuin yöaikaan, jos liikennepaikan kapasiteetti on muuten riittävä.

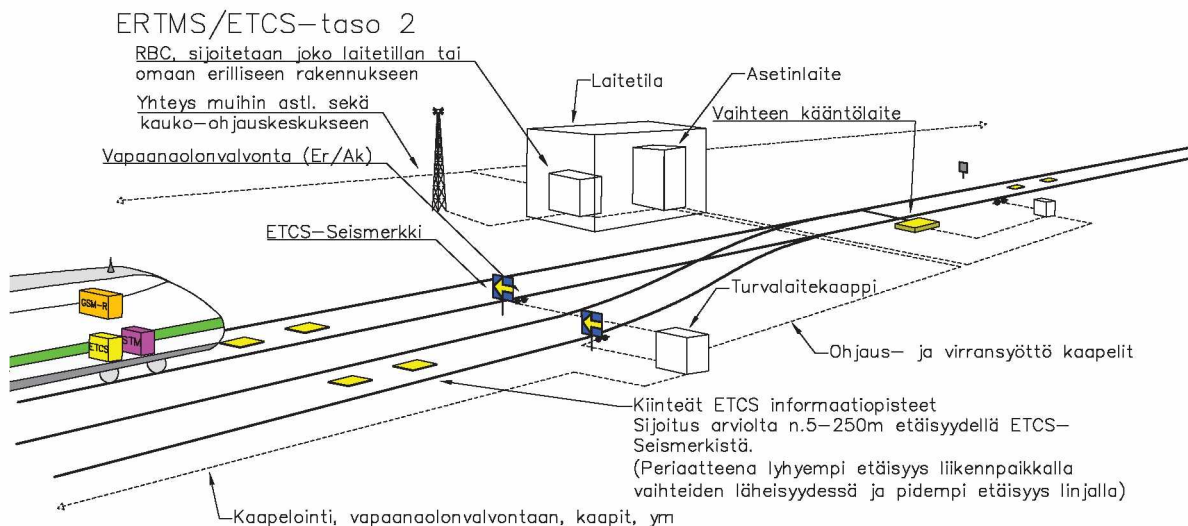
Liikennepaikoilla muutokset on toteutettava tapauskohtaisesti. Merkittävimmät risteysasemat saattaa liikenteen tarpeiden sanelemana olla syytä varustaa myös ratalaitteiden kaksoisvarustuksella, jolloin raiteilla on sekä JKV- että ERTMS/ETCS-järjestelmä.

## 5.2 Rakentamistapa, ERTMS/ETCS-taso 2

ERTMS/ETCS-tason 2 rakentaminen käytännössä edellyttää asetinlaitteen uusimista, radiosuojastuskeskuksen (RBC, engl. Radio Block Centre) rakentamista, radioverkon rakentamista rautatieturvallisuuden tiedonsiirron vaatimalle tasolle, kiinteiden baaliisien asentamista rataa matkantarkastusta varten sekä kaapelointien asentamista eurobaliiseille. (Järvinen, 2012)

Ratalaitteista voidaan purkaa suurin osa. Soveltuvien osien voidaan hyödyntää radassa olevia raiteiden vapaanaolon valvonnan järjestelmiä, akselinlaskentaa tai raidevirtapiirejä. Näkyviä opastimia ei tarvita ERTMS/ETCS-tasolla 2, mutta joitakin opastimia saattaa olla tarpeen jättää parempaa poikkeus- ja häiriötilanteiden hallintaa varten. Esimerkiksi ratatöiden turvaamista linjaosuudella helpottaa, jos liikennepaikan tulo-opastimet ovat tarvittaessa käytettävissä.

Kuvassa 9 on esitetty ERTMS/ETCS-tason 2 laitteet ilman opastimia.



Kuva 9 ERTMS/ETCS-tason 2 ratalaitteet radassa (kuva Kai Kiihtelys).

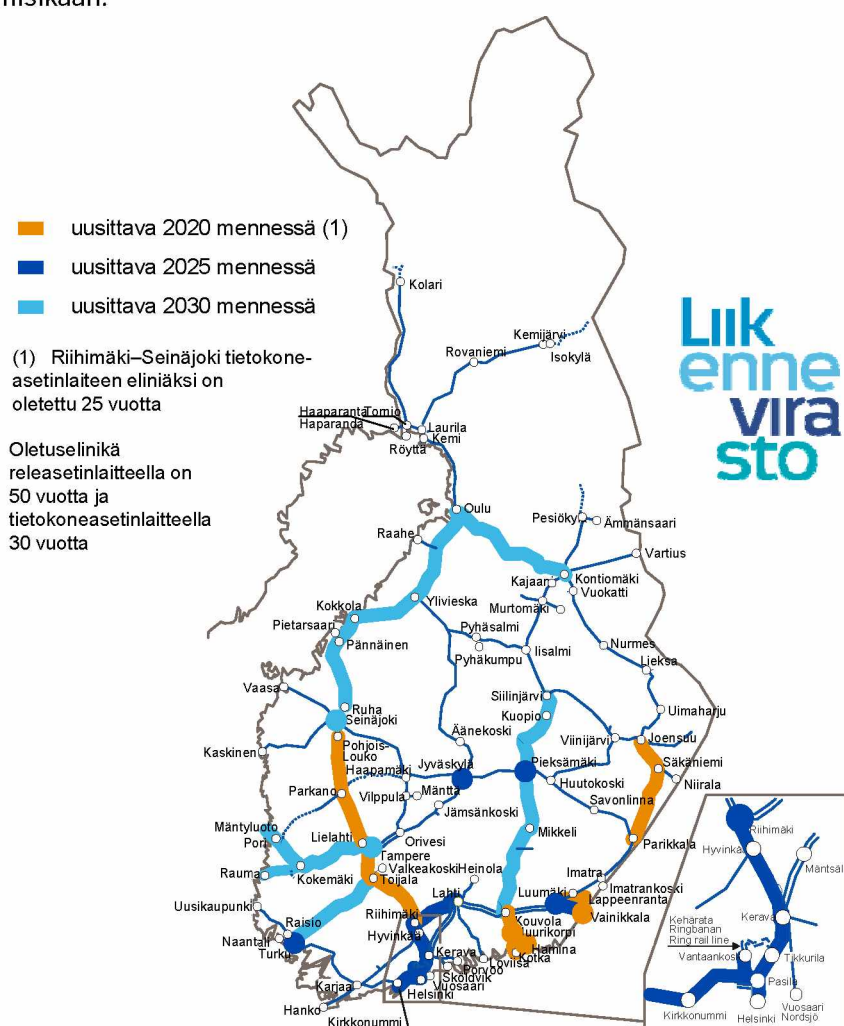
Suurimpana haasteena liikenteen ja investointien kannattavuuden näkökulmasta ERTMS/ETCS-tason 2 rakentamisessa on kokonaan uusien asetinlaitteen rakentaminen. Asetinlaiteusintoja toki toteutetaan myös ERTMS/ETCS-rakentamiskaudella, mutta ERTMS/ETCS-tason 2 rakentaminen voi edellyttää aikaistettuja uusimisia, jolloin kustannusten kasvu on merkittävä. ERTMS/ETCS-taso 2 on edullisinta rakentaa vasta asetinlaitteen uusimisen yhteydessä, jolloin joka tapauksessa aiheutuu poikkeavia liikennejärjestelyitä muutaman viikon ajaksi, joten lisähäiriöiden määrä voi jäädä pieneksi. JKV-rakennusalueet ovat kuitenkin suuremmat kuin ERTMS/ETCS-tasoa 1 rakennettaessa. Enemmän häiriöitä saattaa aiheuttaa toiminnan alkuvaiheen häiriöt ja järjestelmätason korjaustarpeet, jos tätä tekniikkaa otetaan käyttöön Suomessa.



## 6 Asetinlaitteiden uusimisen vaikutus ERTMS/ETCS-ratalaiterakentamiseen

ERTMS/ETCS-ratalaiterakentamisen ajanjaksolla joudutaan osana normaalia radan parantamista uusimaan runsaasti sekä rele- että tietokoneasetinlaitteita. Koska tietokoneasetinlaitteiden elinkaari (n. 30 vuotta) on merkittävästi releasetinlaitteiden elinkaarta (n. 50 vuotta), lyhyempi, joudutaan 2020-luvulla uusimaan myös 1990-luvun asetinlaitteita.

Kuvassa 10 on esitetty rataverkolla asetinlaitealueet, jotka tällaisilla elinkaaren loppumisen vuosimäärillä tulisivat ERTMS/ETCS-ratalaiterakentamisen aikana uusimiskään.



Kuva 10 Tulevaisuudessa uusittavaksi tulevat asetinlaitteet.

Liikennevirasto on toimintansa alkuvuosina 2010-luvulla kyennyt kohdentamaan aiempaa vähemmän väylänpidon rahoitusta asetinlaiteuusintoihin. Monia asetinlaitteiden uusimisprojekteja on jouduttu lykkäämään rahoitusvaikeuksien vuoksi, kun rahoitus on kohdennettu muihin väylähankkeisiin. Asetinlaiteuusimisinvestointien ajallinen kohdentaminen on osoittautunut vaikeammin ennakoitavaksi ja suunnitelmat muuttuvaisemmiksi. Tämän kehitys tulee jatkumaan tulevien vuosien niukentuvien resurssien oloissa.

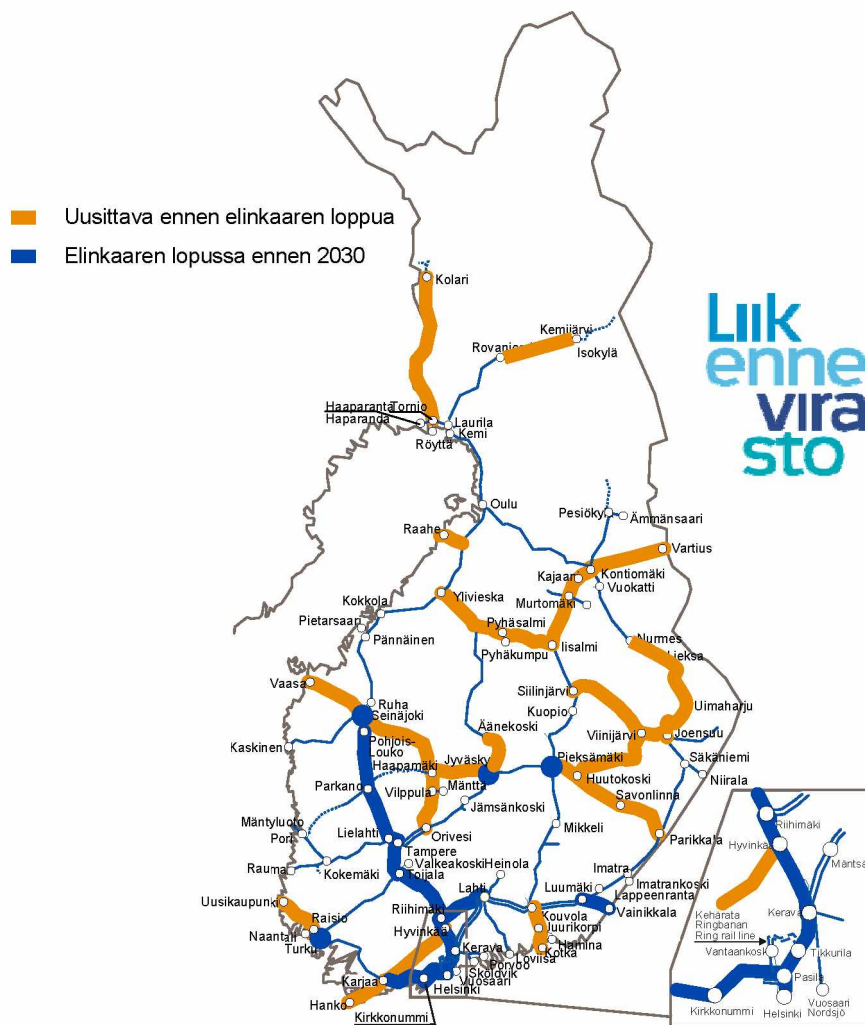
Asetinlaitteiden elinkaarenhallinnassa paras toimintatapa olisi, jos voitaisiin määrittellä ja päättää asennetun kannan asetinlaitteille niiden viimeinen parasta ennen -päivä ja investointiohjelman rahoitus voitaisiin ajoittaa ja uusimiset todella toteuttaa niin, että parasta ennen päiviä ei jatkuvasti ylitettäisi merkittävästi. Siten asetinlaitteiden elinkaaren lopun ongelmat ja niiden uusimisen ajoitus voitaisiin toteuttaa paremmin liikennehäiriöt minimoiden. (Härkönen, 2008)

Pyrkimys asetinlaitteiden asennetun kannan parempaan elinkaarenhallintaan luo paineita pitkäjännitteisemmälle ja ennakoitavammalle rahoitukselle samalla vähentäen rahoituksen joustavuutta ja reagoitiherkkyttä sekä poliittista liikkumavaraa.

Myös ERTMS/ETCS-tason 1 tai 2 valinnan kannalta on merkityksellistä, miten asetinlaitteiden uusimisohjelman sekä ERTMS/ETCS-ratalaiterakentamisen rahoituksellinen ja ajoituksellinen yhteensovittaminen voidaan toteuttaa. Mikäli asetinlaitteiden uusiminen voidaan toteuttaa melko pitkinä ratavälikohtaisina uusintoina, voidaan paremmin samalla toteuttaa jatkuvan junien kulunvalvonnan ERTMS/ETCS-tason 2 ratkaisuja, joissa laajoilla radiosuojastuskeskusosuuksilla sekä niiden ja asetinlaitteiden yhtäaikaaisella toteutuksella uusimisinvestointikustannukset voidaan pitää matalimpana. Näin ERTMS/ETCS-tason 2 rakentamisen yhteiskuntataloudellinen kannattavuutta saadaan parantua.

Kaksi- tai useampiraiteisella rataverkolla, jossa ERTMS/ETCS-tason 2 ratkaisujen toteuttaminen voi olla yhteiskuntataloudellisesti mielekästä, on tulevana vuosina toteuttaviksi tulevilla asetinlaiteuusimisprojekteissa tärkeää varautua mahdollisuuteen ERTMS/ETCS-tason 2 ratkaisujen hyödyntämiseen tulevaisuudessa, mikä ei kuitenkaan saa estää kilpailullisia ja edullisia asetinlaitehankintoja, eikä aiheuttaa hukainvestointeja.

Kuvassa 11 on esitetty asetinlaitteet, joihin nykyisillä teknisillä ratkaisuilla ei ole helppoa sovittaa ERTMS/ETCS-tekniikkaa. Asetinlaitteet on uusittava ennen ERTMS/ETCS:n käyttöönottoa kyseisellä rataosuudella, ellei asetinlaitteita tai rajapinnassa olevia komponentteja pystytä päivittämään siten, että rajapinta on mahdollista toteuttaa tasoon 1. Asetinlaitteet on erotettu sen mukaan, ovatko ne elinkaarensa päässä ennen vuotta 2030 vai eivät. Elinkaaren päässä olevien asetinlaitteiden uusiminen on perusteltua tällöin korvausinvestointina. Suuri osa rataosuuksista, jotka eivät ole elinkaaren päässä, sijaitsevat vähäliikenteisillä JKV3-rataosuuksilla, joiden asetinlaitteet ovat vielä pitkään käyttökelpoisia. Näiden asetinlaitteiden osalta olisi järkevää kehittää toteutuskelpoinen rajapinta, jotta ennenaikaiseen uusimiseen ei ajaututtaisi ERTMS/ETCS:n vuoksi.



Kuva 11 Asetinlaitteet, joiden uusiminen on ajankohtaista 2010–2020-luvuilla ennen ERTMS/ETCS:n käyttöönottoa.

Tässä raportissa on keskitetty ERTMS/ETCS-ratalaiterakentamiseen, eikä tässä esitetä seikkaperäistä asetinlaitteiden uusimishjelmaa 2020-luvulle, koska sellaista ei ole käytettävissä. Asetinlaitteiden uusimishjelman pitkän aikavälin ennustettavuus tulevaisuuteen on tunnistettu tärkeäksi tekijäksi ERTMS/ETCS-ratalaiterakentamisen ennakoimisessa ja kun konkreettisia päätöksiä ratalaiterakentamisesta tehdään tulevaisuudessa, on syytä olla päätettynä asennetun kannan parasta ennen -päivät ja mahdollisimman realistinen uusimishjelma. Asetinlaitteiden uusimishjelmassa tulee kuitenkin tunnustaa suomalaisen yhteiskunnan poliittisten ja taloudellisten päätöksentekoprosessien realiteetit, joiden mukaan väylänpidon budjettirahoitus kohdennetaan vuotuisilla päätöksillä. Pitkän aikavälin ennakointia voidaan eri tavoin korostaa ja siihen on syytä pyrkiä, mutta infrastruktuurin hallinto joutuu kuitenkin joka tapauksessa sopeutumaan eduskunnan vuotuisiin budjettipäätöksiin.

## 7 Vetävän kaluston varustaminen ERTMS/ETCS-järjestelmällä ja varustelukustannukset

### 7.1 Vetävän kaluston asennusmäärät ja -ajat

Liikenneviraston ERTMS-polku 2013–2018 -suunnitelman perusteella ratojen varustamisen ERTMS/ETCS-järjestelmällä alkaisi siten, että noin v. 2023 käytössä olisi ensimmäinen rata, jonka liikenne hoidettaisiin uudella järjestelmällä, ja kaikki radat olisivat uuden järjestelmän piirissä reilussa kymmenessä vuodessa. (Liikennevirasto, 2012). Suomen valitseman veturilaitestategian mukaisesti kalusto varustetaan ERTMS/ETCS+STM-järjestelmällä seuraavan kolmijaon mukaisesti: uusi kalusto, jälkiasennettava ja kalusto, jota ei asenneta. Seuraavissa taulukoissa esitetty vetävän kaluston asentamisjärjestys on esimerkinomainen. Sitovat päätökset rautatieyrityksissä ja kalustonomistajilla voidaan tehdä vasta, kun riittävän varmasti tiedetään ERTMS/ETCS-ratalaiterakentamisen tulevaisuudessa toteutuva aikataulu.

*Taulukko 1. Uusi kalusto, joka tilataan ERTMS/ETCS+STM-järjestelmällä.*

Uusi kalusto	Kpl	Käyttöönottovuosi
Sr3	80	2016–2026
DrX?	50–100?	n. 2018–?

*Taulukko 2. Olemassa oleva kalusto, joka jälkiasennetaan ERTMS/ETCS+STM-järjestelmällä.*

Jälkiasennettava kalusto	Kpl	Käyttöönottovuosi	ERTMS/ETCS+STM-asennus
Sr2	46	1995–2003	2022–2023
Edo	25+10	2013–2015+x	2022–2023
Sm3	18	1994–2006	2023–2024
Dm12	16	2005–2006	2023–2024
Sm6	4	2010–2011	2025–2026
Sm4	30	1998–2004	2024–2028
Sm5	41+X	2009–2014+x	2023–2028



*Taulukko 3. Olemassa oleva kalusto, jota ei asenneta ERTMS/ETCS-järjestelmällä, vaan joka ajetaan loppuun nykyisellä junien kulunvalvonnalla.*

Kalusto, jota ei asenneta	Kpl	Käyttöönottovuosi
Sr1	109	1974–1984
Dv12	178	1964–1984
Dr16	18	1986–1992
Dr14	24	1969–1972
Sm1	38	1968–1973
Sm2	50	1975–1981

ERTMS/ETCS-ratalaiterakentaminen ei voi alkaa laajamittaisesti, ennen kuin rata-verkolla liikennöi näitä laitteita lukemaan kykenevää liikkuvaa kalustoa. Veturien ja junayksiköiden ERTMS/ETCS-veturilaitteiden varustamisaikataulu vaikuttaa siten myös ratalaitteiden rakentamiseen ja toisinpäin. Molempien investointien toteutus-aikataulut on sovitettava yhteen, siten että liikennöinnille ei aiheudu häiriöitä ERTMS/ETCS:n käyttöönoton siirtymävaiheen aikana. Tarkoituksena on, että junat liikennöivät junien kulunvalvontajärjestelmän valvonnassa sillä varustetulla rata-osuuksilla. Vetävän kaluston yksiköt, jotka on varustettu JKV-veturilaitteilla, voivat liikennöidä ainoastaan rataosuuksilla, jotka on varustettu JKV-järjestelmällä. Sama pätee ERTMS/ETCS-veturilaitteisiin.

Suomalaiseen JKV-järjestelmään kehitetty sovitustiedonsiirtomoduuli (STM) mahdollistaa kuitenkin sen, että ERTMS/ETCS+STM-järjestelmällä varustettu yksikkö voi liikennöidä sekä JKV- että ERTMS/ETCS-rataosuuksilla. JKV-järjestelmällä varustettujen rataosuuksien on muodostettava siirtymävaiheessa liikennöinnin kannalta riittävän yhtenäinen alue, ja sen on mahdollistettava JKV-veturilaitteilla varustetun kaluston pääsy huoltopisteisiin.

Uudet VR:n Siemensiltä tilaamat Vectron-sähköveturit (Sr3) varustetaan ensimmäisinä Suomessa ETCS+STM-veturilaitteilla. Nykyisestä kalustosta ne, joiden elinkaari ulottuu ETCS-käyttöönoton loppuvaiheeseen ja jonka on liikennöitävä kulunvalvontajärjestelmällä varustetuilla rataosuuksilla, on varustettava uudelleen ETCS+STM-järjestelmällä ja korvattava nykyiset JKV-veturilaitteet. Kalusto, jonka elinkaari lähenee loppua ennen ERTMS:n käyttöönottoa, jätetään varustamatta, ja niiden käyttö suunnitellaan siten, että ne liikennöivät ainoastaan JKV-rataosuuksilla. Kalustokierron suunnittelussa haastavaa on, että tällä hetkellä voidaan kalustokiertoa arvioida enintään viiden vuoden päähän, koska tarpeet muuttuvat kysynnän mukaan, myös tulevat liikennöinnin kilpailutukset vaikuttavat kysyntään.

## 7.2 ERTMS/ETCS-tasojen 1 ja 2 vetokalusto-kustannukset

Kalustokustannukset muodostuvat huomattaviksi olipa toteutettu ERTMS/ETCS-taso sitten 1 tai 2. Tämän hetkisen tiedon mukaan ERTMS/ETCS+STM-veturilaitteiden kustannus noin 350 000 €/veturi. Vertailun vuoksi todettakoon, että JKV-veturi-varustelun kustannus on noin 150 000 €/veturi. Jälkiasennuksessa tulevat lisäksi sarjakohtaiset suunnittelu- ja hyväksyttämiskustannukset, jotka ovat suuruusluokkaa 0,5–1 M€/sarja. Mikäli rataverkolla hyödynnetään vain ERTMS/ETCS-tason 1 ratkaisuja, vetureissa ei tarvita GSM-R-dataradio-ominaisuuksia, mutta jos ERTMS/ETCS-tason 2 rataverkkoa joskus rakennetaan, tulee vetureissakin olla vastaava valmius, mikä edellyttää veturilaitteiden päivitystä.

Uuteen kalustoon ko. laitteet tulevat uushankinnan myötä, joten ko. kustannus on mukana jo kaluston hinnassa. Nykyisen kaluston uudelleen varustamisesta tai uusien vetureiden hankinnasta ei ole myöskään sellaisia päätöksiä, mihin nojaten voitaisiin tehdä sitovia suunnitelmia käyttöönotosta. Liikennöitsijän on otettava huomioon myös liiketaloudellinen näkökulma, sillä olemassa olevan kaluston uudelleen varustaminen ei ole kannattavaa asiakastarpeiden ja liikennetuotannon näkökulmista. Jo käytössä olevan liikkuvan kaluston veturilaitteiden uusiminen ERTMS/ETCS-veturilaitteisiin on liiketoiminnallisesti vaikeasti perusteltavissa, ja sitä voidaan edesauttaa esimerkiksi kansallisella tuella.

Pienten sarjojen ja yksittäiskappaleiset ratatyökoneet ovat ongelmallisia niiden edellyttämien erittäin korkeiden suunnittelu- ja hyväksyttämiskustannusten vuoksi, joten niiden kalustamatta jättäminen voi olla teknistaloudelliset ja turvallisuusnäkökulmat huomioivan kokonaisvaltaisen pohdinnan perusteella mahdollista. (Vainiomäki, 2014)

## 7.3 Ylimääräisten kustannusten välttäminen ja niiden mahdollinen korvaaminen

Siirtyminen nykyisestä hyvin toimivasta kansallisesta JKV-järjestelmästä uuteen eurooppalaisen ohjaus-, hallinta- ja merkinanto-osajärjestelmän yhteentoimivuuden teknisten eritelmien mukaiseen ERTMS/ETCS-järjestelmään aiheuttaa kaluston omistajille tai operaattoreille tuntuva ylimääräiset kustannukset. Valitun veturilaitestrategian mukaan kustannukset ovat etupainoiset ja toteutuvat ennen kuin uusi järjestelmä tuottaa sille asetettuja hyötyjä: tehokas kapasiteetin käyttö, alhaiset yksikkökustannukset, yhteentoimivuus kautta koko Euroopan ja kilpailun edistäminen. Nämä ylimääräiset kustannukset tulisi korvata operaattoreille tai kaluston omistajille.

Kustannuksia voidaan vähentää siten, että

- vältetään jälkiasennuksia vanhaan kalustoon, jolloin säästyvät sarjakohtaiset suunnittelu- ja hyväksyttämiskustannukset sekä ERTMS/ETCS+STM-laitteisto- ja asennuskustannukset. Tämä on mahdollista, jos kalustokierroilla voidaan vanhaa kalustoa ohjata vain niille radoille, joilla on joko vanhan JKV-järjestelmän laitteet käytössä tai rata on ns. kaksoisvarusteltu sekä JKV- että ETCS-ratalaittein. Jälkiasennuksessa korkeat kustannukset kohdistuvat lisäksi lyhyelle kaluston loppu käyttöiälle.

- vältetään uuden kaluston ”kaksoisvarustelua” ERTMS/ETCS+STM-laittein. Tämä on mahdollista, jos esim. kalustokierroilla ja ratojen varustamisella järkevällä tavalla (yhtenäiset osuudet) ja riittävän nopealla aikataululla voidaan välttää kaluston käyttöä vanhan JKV-varustuksen omaavilla rataosuuksilla.

Ylimenokausi JKV:stä ERTMS/ETCS:ään tarkoittaa sitä, että JKV-varusteltu kalusto on sidottu vain tiettyyn rataosaan sen varustustasosta riippuen. Kaluston vikatapauksissa kalustoa ei voi käyttää ristiin, joten tämä vaatii jonkin verran ylimääraistä kalustoa.

Edellä olevan perusteella voidaan arvioida operaattoreille aiheutuvan ylimääraisten kustannusten suuruusluokkaa JKV-järjestelmästä yleiseurooppalaiseen ERTMS/ETCS-järjestelmään siirtymisestä seuraavasti:

Uusi kalusto (ks. taulukko 1):

- ylimääräinen kustannus ERTMS/ETCS-järjestelmän vuoksi noin 80 k€/veturi.
- ylimääräinen kustannus ERTMS/ETCS+STM-järjestelmä vuoksi n. 200 k€/veturi
- Sr3 80 kpl ylimääräinen kustannus on noin 16 M€

Jälkiasennettava kalusto (ks. Taulukko 2):

- ylimääräinen kustannus ERTMS/ETCS+STM-järjestelmä noin 350 k€/veturi.
- ylimääräinen kustannus ERTMS/ETCS+STM-järjestelmä noin 720 k€/juna-yksikkö.
- Jälkiasennettavaksi suunnitellun kaluston ylimääräinen kustannus on 99 M€.

Kalusto, jota ei asenneta (ks. Taulukko 3), edellyttäen, että:

- rataosien ERTMS/ETCS-laitevarustelun ajoitus ja tarvittavat kriittiset siirtymä-rataosat JKV- ja ERTMS/ETCS-ratalaittein kaksoisvarustellulla onnistuu.
- kaluston kierrot on mahdollista ja onnistutaa suunnittelemaan niin, ettei vanhinta kalustoa tarvitse varustella ERTMS/ETCS+STM-laittein

Ellei ERTMS/ETCS-ratalaiteasennusten ja kalustokiertojen yhteensovitus onnistu, vanhaan romutukseen menevään kalustoon asennettavan ERTMS/ETCS+STM-kalustuksen ylimääräinen kustannus on jopa 180 M€.

ERTMS/ETCS-järjestelmän aiheuttamien ylimääraisten kustannusten välttämien on kaikkien osapuolten yhteinen etu. Voidaanko rautatieyrityksille mahdollisesti aiheutuvia ylimääraisiä kustannuksia kompensoida erilaisin kansallisin tukitoimin, on tärkeä selvitettävä ja päätettävä asia huomioiden rautatieliikennöinnille annettavalle tuelle säädetyt reunaehdot ja liikennemuotojen väliseen kilpailuun puuttumattomuus. Samoin mahdolliset kansalliset tukitoimet ERTMS/ETCS-järjestelmän käyttöönoton vauhdittamiseksi 2020-luvulla edellyttää selvitystyötä.

## 7.4 Eriytetyn ratamaksun mahdollinen hyödyntäminen kannustimena ERTMS/ETCS-veturilaitteiden asentamiseen vetävään kalustoon

Mikäli kansallinen tukirahoitus ERTMS/ETCS-veturilaitteasennuksiin ei toteudu toivostusti, joudutaan käyttämään muita menettelyjä. Toinen vaihtoehto on kannustavat ratamaksut, joita hyödynnetään Euroopassa monin eri tavoin radanpidon kustannusvastaavuuden parantamisessa sekä olemassa olevan ja uuden infrastruktuurin optimaalisen käytön ohjaamisessa. (Nash, 2005) (EUROPEAN COMMISSION, 2014)

Koska ERTMS/ETCS-veturilaitteiden asentaminen jo olemassa olevaan vetokalustoon ei tuo lisäarvoa rautatieyritysten liiketoiminnalle tai niiden tuottamia kuljetuksia hankkiville asiakkaille, rautatieyrityksen on vaikeaa perustella investointeja niiden tuottamilla hyödyillä. Koska ERTMS/ETCS-ratalaiterakentamisen aloittaminen kuitenkin edellyttää, että riittävään määrään – kriittiseen massaan – vetokalustoa on asennettu ERTMS/ETCS-veturilaitteet, voidaan joutua tilanteeseen, jossa asennusten vauhdittamiseksi on luotava sopivia kannustimia.

Sujuvan ERTMS/ETCS-käyttöönoton näkökulmasta eriytetty ratamaksu voisi olla joustava ja helposti sovellettava instrumentti, joka kannustaisi rautatieyrityksiä oikea-aikaisesti ERTMS/ETCS-veturilaitteasennuksiin, tehden investoinneista kannattavampia 2020-luvun alussa. Ratamaksua määritettäessä huomioitaisiin siis rautatieyrityksen ERTMS/ETCS-veturilaitteasennukset, ja niiden suorittamiseen kannustettaisiin maksujen hinnoittelulla. Aluksi eriytetty ratamaksu voisi toimia porkkanana, jolloin ERTMS/ETCS-veturilaitteilla varustetut junat toisivat rautatieyritykselle säästöjä ratamaksusta. Eriytetty ratamaksu voisi toimia ERTMS/ETCS-ratalaiterakentamisajan loppuvaiheessa 2020-luvun lopulla myös keppinä, joka kannustaisi rautatieyrityksiä korotetun maksun uhalla poistamaan loputkin vanhat junien kulunvalvontalaitteiden veturilaitteasennukset ja korvaamaan ne uusilla ERTMS/ETCS-veturilaitteasennuksilla.

Tällaisella vetokaluston junien kulunvalvonnan varustelun perusteella eriytetyllä ratamaksulla voidaan myös tehdä liikennöinti täysin ilman junien kulunvalvontaa vähemmän taloudellisesti houkuttelevaksi. Ratamaksuja määritettäessä on myös huomioitava, että eriytettyjen maksujen määräytymisperusteet eivät vääristä kilpailutilannetta vakiintuneiden ja uusien rautatieyritysten välillä.

## 8 Rataosuuksien rakentamisjärjestys ja rakentamiskustannukset

Liikennevirasto ylläpitää valtion rautatieinfrastruktuuria asiakkaitaan, rautatieliikennettä harjoittavia rautatieyhtiöitä varten. Se ei voi alkaa laajamittaiseen ERTMS/ETCS-ratalaiterakentamiseen ilman, että sen asiakkailta on riittävä valmius liikennöidä rataverkolla. Tarvitaan kriittinen massa vetokalustoa, joka voi liikennöidä uudella järjestelmällä, ennen kuin sen rakentaminen voi alkaa. Käytännössä vetokaluston kriittistä massaa on tarkasteltava rataosuuksittain.

Toteutuva rakentamisjärjestys ja -aikataulu vaikuttavat myös vetävän kaluston varustamiseen sekä siihen, miten kalustokierto kannattaa suunnitella. Siirtymisvaiheessa noin vuosina 2025–2035 osa vetävästä kalustosta voi olla edelleen varustettu vain JKV-veturilaitteilla, jolloin niiden käyttö rataverkolla on rajoitettua. Erityisesti siirtymäkauden ensimmäisen viiden vuoden aikana tulee olemaan haastavaa suunnitella kalustokierto siten, että kalustoa voidaan hyödyntää täysimääräisesti, ilman liiallisia rajoituksia liikennöinnin kapasiteetille siten että liikennöinti voidaan toteuttaa kustannustehokkaasti liiketoiminnalliset tavoitteet huomioon ottaen.

Lopullinen rakentamisjärjestys voidaan päättää vasta lähempänä siirtymäkautta, ja todennäköisesti sitä on tarkennettava vielä siirtymäkauden aikana, kun radanpidon investointeja priorisoidaan.

Parhain mahdollinen rakentamisjärjestys voidaan valita, jos seuraavat merkittävästi siihen vaikuttavat asiat on päätetty ja tiedossa:

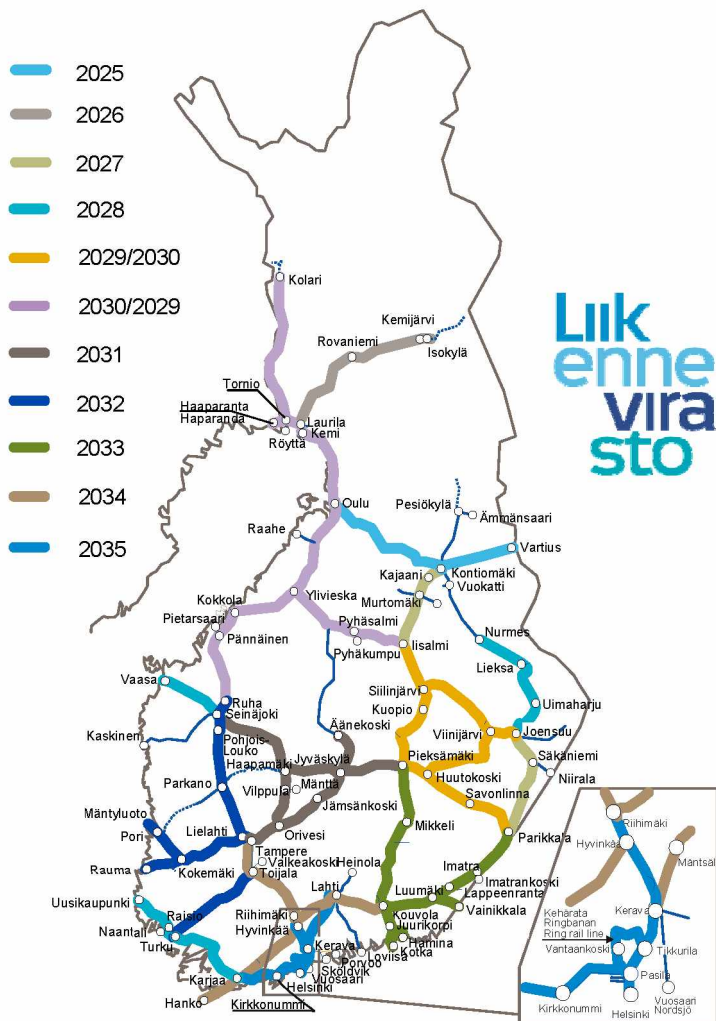
- ERTMS/ETCS-ratalaiterakentamisen puiteohjelmalle on aikataulullisesti sitova rahoitus rakentamiskaudelle.
- Uuden ERTMS/ETCS+STM-veturilaitteilla varustetun vetokaluston todellinen ja toteutuva hankinta-aikataulu.
- Uusien sähkövetureiden toimintakyky dieselvetovoimalla.
- Nykyisen kaluston uudelleenvarustamisen aikataulu.
- Nykyisen kaluston käytöstä poiston aikataulu.
- Asetinlaiteuusintojen todelliset toteutuvat aikataulut ja sitova rahoitus.
- Mahdollisten liikennöinnin kilpailutusten tulokset ja palveluntuottajien käytettävissä oleva kalusto.

Kehysbudjetoinnin lyhytjänteisyyden vuoksi ja rautatiemarkkinoiden ennakoimattomien muutosten johdosta käytännössä on todennäköistä, että yllämainituista seikoista ei ole missään vaiheessa täyttä varmuutta ERTMS/ETCS-ratalaiterakentamisen rakentamiskaudella. Tällöin ratkaisuja rakentamisjärjestyksestä tehdään parhaiden käytettävissä olevien tietojen ja arvioiden perusteella.

Rakentamisjärjestyksestä on alla hahmoteltu kaksi erilaista skenaariota. Toinen on tehty kalustovarustelulähtöisesti ja toinen infrarakentamislähtöisesti. Skenaariot tulevat tarkentumaan vielä tulevien vuosien aikana, ja niiden todellinen toteutuminen on monen osatekijän summa. Tässä esitetyt skenaariot ovat esimerkinomaisia, ja niiden vahvistaminen tapahtuu lähempänä käyttöönottoa noin vuonna 2020, kun ERTMS/ETCS-käyttöönottoa linjataan uudelleen.

## 8.1 Vetokalustovarustelulähtöinen skenaario ratalaiterakentamisessa

Vetokalustovarustelulähtöisessä skenaariossa on otettu huomioon uusien sähkövetureiden (Sr3) käyttöönottoaikataulu sekä muun vetokaluston varustamisen aika-  
taulu. Skenaariossa vyörytetään ERTMS/ETCS-rataosat yhtenäisinä alueina pohjoisesta kohti etelää ja lounasta (kuva 12 ja taulukko 4). Ensimmäinen pilottiratana toimiva ERTMS/ETCS-varustettu rataosuus voisi olla esimerkiksi (Oulu)–(Kontiomäki)–Vartius, jossa (Oulu)–(Kontiomäki)-osuus olisi todennäköisesti oltava lyhytaikaisesti kaksoisvarustettu ERTMS/ETCS-järjestelmän lisäksi myös JKV-järjestelmällä. Nykyisestä kalustosta Sr2-sähköveturit, Edo-ohjausvaunut, Sm3-sähkömoottorijunat ja Dm12-dieselveturit on varustettava jo siirtymäkauden alkuvaiheessa. Pullonkaulaksi kyseisessä skenaariossa saattaa tulla dieselvetokaluston ERTMS/ETCS+STM-veturilaittevarustus, ellei uutta dieselveturihankintaa käynnistetä sellaisessa aika-  
taulussa, että se saadaan käyttöön jo siirtymäkauden alkuvaiheessa. Vetokalustovarustelulähtöisessä skenaariossa rakentaminen painottuu siirtymävaiheen loppupuolelle, jolloin on enemmän ERTMS/ETCS-veturilaitteilla varustettua kalustoa liikenteessä.

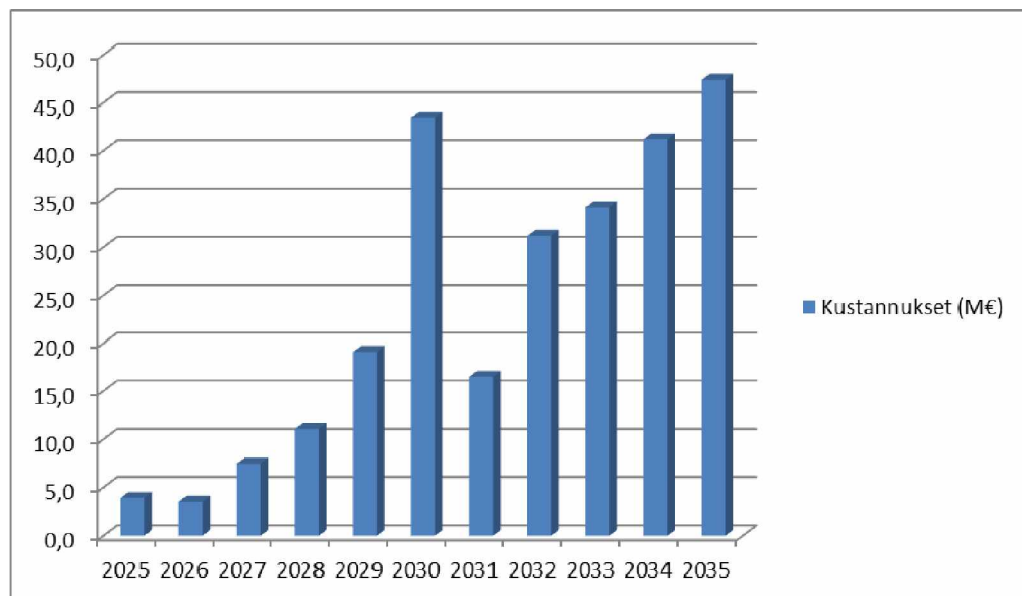


Kuva 12

Vetokalustovarustelulähtöinen skenaario ratalaiterakentamisessa,  
rakentaminen vuosina 2025–2035.

Taulukko 4. Vetokalustovarustelulähtöisen skenaarion vuosittaiset kustannukset.

Vuosi	Arvioidut kustannukset (M€)
2025	3,9
2026	3,5
2027	7,5
2028	11,1
2029	19,1
2030	43,5
2031	16,5
2032	31,2
2033	34,1
2034	41,2
2035	47,4

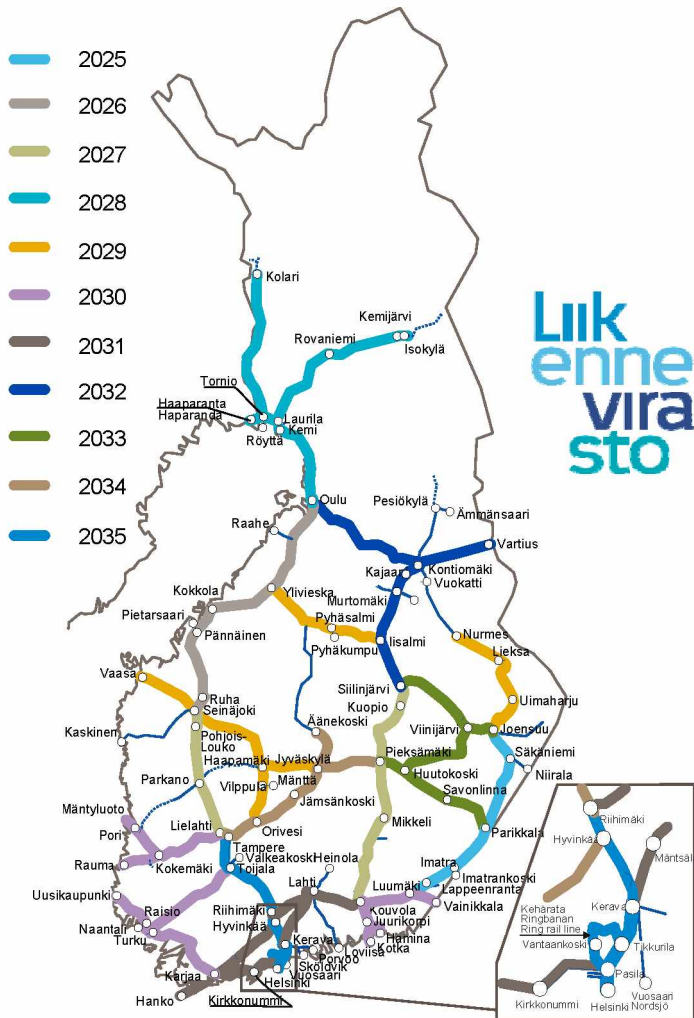


Kuva 13 Vetokalustovarustelulähtöisen skenaarion vuosittaiset kustannukset.

Kuvassa 13 on esitetty tämän skenaarion arvioidut kustannukset vuosina 2015–2035. Kustannuksiin sisältyvät ERTMS/ETCS-järjestelmän suunnittelun, rakentamisen ja käyttöönoton kustannukset.

## 8.2 Infrarakentamislähtöinen skenaario ratalaiterakentamisessa

Infrarakentamislähtöisessä skenaariossa ratalaiterakentamisessa painotetaan merkittävien rataosuuksien varustamista ensin (kuva 12 ja taulukko 5). Pilottiratana toimiva ensimmäinen rataosuus olisi tässä vaihtoehdossa (Luumäki)–(Joensuu)-välillä. Skenaariossa on varmistettu, että JKV-veturilaitteilla varustetulla kalustolla siirtymäkauden aikana on pääsymahdollisuus huoltopisteisiin mahdollisimman pitkään. Kyseisen skenaarion heikkoutena on, että nykyisenkaltainen rautatieliikenne edellyttäisi kalustosta suuren osan varustamista ERTMS/ETCS-veturilaitteilla jo siirtymäkauden ensimmäisinä vuosina. Tämä ei ole asiakasnäkökulmasta rautatieyrityksille kannattavaa liikennöinnin kustannustehokkuuden kannalta, ellei kaluston varustamiseen ole mahdollista saada investointitukea kansallisesti tai EU-tasolta tai jollei ERTMS/ETCS+STM-veturilaitteiden varustelua ohjata voimakkaasti eriytetyn ratamaksun tms. keinon avulla.

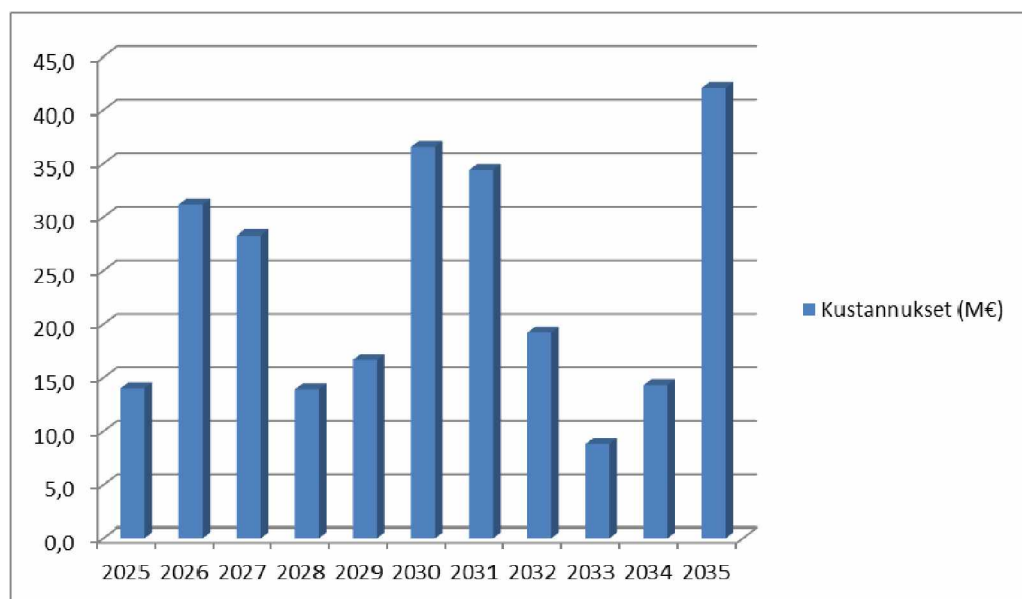


Kuva 14 Infrarakentamislähtöinen skenaario ratalaiterakentamisessa, rakentaminen vuosina 2025–2035.



Taulukko 5. Infrakentamislähtöisen skenaarion vuosittaiset kustannukset

Vuosi	Arvioidut kustannukset (M€)
2025	14,0
2026	31,2
2027	28,3
2028	13,9
2029	16,7
2030	36,6
2031	34,4
2032	19,2
2033	8,8
2034	14,3
2035	42,1



Kuva 15 Infrakentamislähtöisen skenaarion vuosittaiset kustannukset.

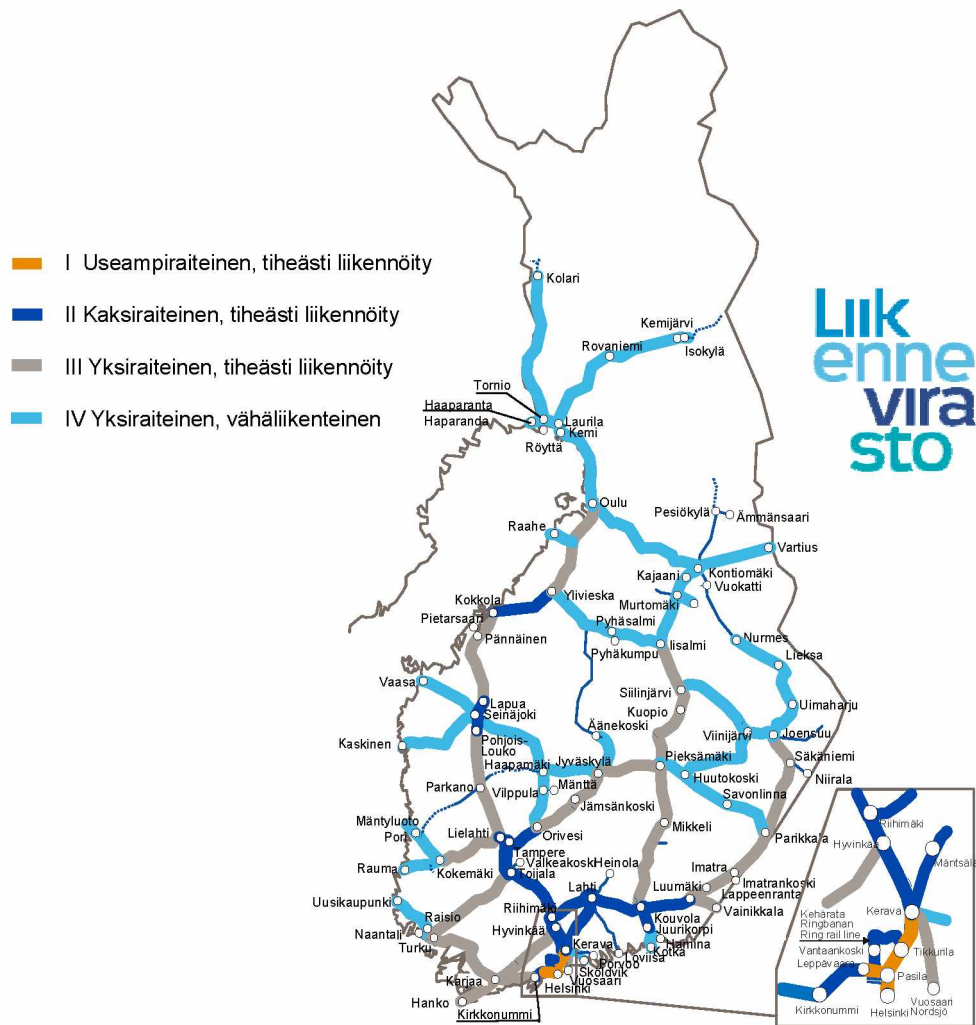
Kuvassa 14 on esitetty tämän skenaarion arvioidut kustannukset vuosina 2015–2035. Kustannuksiin sisältyvät ERTMS/ETCS-järjestelmän suunnittelun, rakentamisen ja käyttöönoton kustannukset.

## 8.3 ERTMS/ETCS tason 1 ratalaite- rakentamisen kustannusarviot

ERTMS/ETCS-järjestelmän käyttöönottoajanjakso ajoittuu usealle vuosikymmenelle, mutta kokonaiskustannuksia ilmoitettaessa kustannusten on oltava vertailukelpoisia. Varsinainen rakentaminen ajoittuu noin vuosille 2025–2035, joten kustannusten perusvuodeksi on valittu 2025. Kaikki kustannukset ilmoitetaan vuoden 2025 tasossa, ja tarvittavat muutokset otetaan huomioon indeksikorotuksen avulla. Indeksinä käytetään vuosien 1975–2013 bruttokansantuotteen keskimääräistä vuosittaista muutosta, vaikka menneisyyden kehitys ei ole tae tulevasta kehityksestä. (Tilastokeskus, 2013)

ERTMS/ETCS-järjestelmän kokonaiskustannuksissa on otettu huomioon kustannukset, jotka aiheutuvat järjestelmän suunnittelusta, rakentamisesta ja käyttöönotosta. Mahdollisia tuotekehitykseen kuluvia kustannuksia ei laskelmissa oteta huomioon, ja Suomessa onkin pyrittävä hyödyntämään vakiintuneita muualla koeteltuja ratkaisuja niiden minimoimiseksi. Tässä kustannuslaskelmassa on laskettu yksinkertaisuuden ja selkeyden vuoksi vain ERTMS/ETCS-kuluja.

Kustannukset on laskettu tarkemmin neljältä esimerkkirataosuudelta, jotka kuvaavat erityyppisiä ratakategorioita (I–IV). Esimerkkirataosuuksien kustannuslaskenta on toteutettu tarkan radalla nykyisin asennettuna olevien komponenttien lukumäärän perusteella. Tällaisen kustannuslaskennan perusteella on voitu arvioida opastinpistekohtainen kustannus, jota on hyödynnetty samantyyppisille rataosuuksille koko rataverkon kustannuksia laskettaessa. Opastinpistekohtaisiin kustannuksiin on jyvitetty myös rataosuuden yleisiä kustannuksia. Rataverkko on jaettu rataosuuden tyyppin mukaan kategorioihin, joiden kustannukset on laskettu perustuen opastinpisteiden määrään. Koko Suomen rataverkon kustannukset saadaan laskemalla nämä yhteen.



Kuva 16 Ratakategoriat I-IV.

Taulukko 6. Ratakategoriat I-IV ja niitä vastaavat tyyppirataosat, joille laskettujen kustannusten avulla kustannuslaskenta on ulotettu koko rataverkolle.

Ratakategoriat		Tyyppirataosa
<b>I</b>	Useampiraiteinen, tiheästi liikennöity rataosuus	Pasila–Riihimäki
<b>II</b>	Kaksiraiteinen, tiheästi liikennöity rataosuus	Lahti–Kouvola
<b>III</b>	Yksiraiteinen, tiheästi liikennöity rataosuus	Kouvola–Pieksämäki
<b>IV</b>	Yksiraiteinen, vähäliikenteinen rataosuus	Oulu–Tornio

Rataosuuksien kustannuksiin vaikuttaa erityisesti, kuinka monta raidetta rataosuudella on, sekä suojavälien pituus. Opastinpistekohtaiset kustannukset on esitetty alla olevassa taulukossa.

Taulukko 7. Ratakategorioiden I-IV opastinpistekohtaiset kustannukset.

ERTMS-toteutuksen kustannukset € / opastin			
Sis. asennuksen, kaapeloinnit, tarkastuksen ja 10 % varaosavaruksen, koeajokustannukset sekä hanketehtävät 34,5%. Esimerkkirataosien laskelmat on tehty vuoden 2014 kesäkuun hintatasossa (MAKU 2010=100 pisteluku 112,9). Laskelmassa käytetty korkoprosentti 2,4 % (Tilastokeskus, 2013)			
Kategoria	Esimerkkirataosa	vuonna 2014	vuonna 2025
I	Pasila-Riihimäki	37 508 €	48 700 €
II	Lahti-Kouvola	41 678 €	54 100 €
III	Kouvola-Pieksämäki	31 963 €	41 500 €
IV	Oulu-Tornio	41 513 €	53 900 €

Liikennepaikat, joiden kustannukset on laskettu erikseen esim. mahdollisen kaksoisvarustuksen vuoksi, ovat seuraavat: Iisalmi, Imatra, Joensuu, Jyväskylä, Kokkola, Kontiomäki, Kouvola, Lahti, Oulu-Tuira, Parikkala, Pieksämäki, Seinäjoki, Tampere, Vainikkala, Ykspihlaja ja Ylivieska.

**Koko Suomen rataverkon varustaminen ERTMS/ETCS tason 1 järjestelmällä maksaa näiden arvioiden mukaan n. 260 M€ vuoden 2025 kustannustasossa.** Näissä kustannuksissa ei ole otettu huomioon asetinlaitteiden uusimisesta, kaksoisvarustuksesta tai vetävän kaluston uusimisesta aiheutuvia kustannuksia. Tarkemmat kustannuslaskelmat on esitetty liitteenä.

### 8.3.1 ERTMS/ETCS tason 1 kustannuslaskennan epävarmuustekijöistä ja kustannusajureista

Asetinlaitteen uusimiskustannukset ovat kokonaisuutena erittäin merkittävä radanpidon kustannustekijä, jota ei voida kasvattaa vain ERTMS/ETCS-ratalaiterakentamisen etenemiseksi ilman merkittävää lisärahoitusta. Asetinlaitehankinnat on tässä tarkastelussa pidetty kustannusmielessä erillään ERTMS/ETCS-ratalaitteiden varustuksesta, mutta käytännössä asetinlaiteuusimisen aikataulu vaikuttaa voimakkaasti ERTMS/ETCS-ratalaitteiden varustamisen aikatauluun. Radanpidon kustannuksien minimoimiseksi ennaikaisia asetinlaitekustannuksia voidaan välttää pitkitämällä asetinlaitteiden olemassa olevan asennetun kannan elinkaarta. Ylimääräisiä kustannuksia voidaan välttää siten, että vanhoihin asetinlaitteisiin ei asenneta ERTMS/ETCS-ratalaitteita, vaan ne hyödynnetään loppuun JKV-varustettuina. Asetinlaitteiden uusiminen pyritään ajoittamaan siten, että ne uusitaan tarvittaessa ennen ERTMS/ETCS-ratalaitteiden uusimista tai sen yhteydessä. Rakentaminen saattaa edellyttää myös asetinlaitteen ennaikaista uusimista, jos nykyisin käytössä olevaa asetinlaitetta ei ole mahdollista hyödyntää ERTMS/ETCS-ratalaitteisiin kustannustehokkaasti.

Ratalaitteisiin liittyvä kaapelointi on suurimmaksi osaksi elinkaarensa päässä siinä vaiheessa kun ERTMS/ETCS-ratalaiterakentaminen aloitetaan. ERTMS/ETCS-järjestelmää rakennettaessa tavoitteena on toteuttaa järjestelmä, jonka käytettävyys ja luotettavuus mahdollisimman hyvällä tasolla, joten kaikki ratalaitteisiin liittyvät kaapeloinnit arvioidaan uusittavaksi rakentamisen yhteydessä vanhan uudelleenkäyttöä välttämällä. Asetinlaitteisiin liittyvien kaapeleiden uusiminen tarvittavilta osin sisältyy myös asetinlaiteuusimiseen, joten niitä ei oteta tässä kustannuslaskelmassa huo-

mioon. JKV:n virransyöttökaapelit ovat suurimmaksi osaksi elinkaarensa päässä, joten niiden uusiminen on mukana kustannuksissa.

ERTMS/ETCS-järjestelmän ratalaitekomponenttien todella toteutuvia kustannuksia ei ole varmuudella tiedossa, sillä yhdestäkään kaupallisen liikenteen ERTMS/ETCS-radasta Suomeen ei ole kokemuksia tai tarjouksia, vaikka pienimuotoinen koerata on jo rakennettu Mäntsälä–Lähdemäki-välille. Komponenttien hintatietoja on selvitetty muiden maiden kokemusten perusteella, mutta jos hintatietoja ei ole tarkemmin ollut saatavilla, on kustannusarviossa käytetty vastaavien JKV-komponenttien hintatietoja. ERTMS/ETCS-ratalaitemarkkinahinnat ovat riippuvaisia hankintavolyymeista, ja suurilla raamisopimuksilla kustannuksia voidaan painaa alas.

Kustannuksissa on otettu huomioon baliisien ja koodainten lukumäärät sisältäen sekä asennuskustannukset että käyttöönottotarkastuksen kustannukset. Tarkastuksissa tarvittavat koeajot on arvioitu isompina kokonaisuuksina rataosuuskohtaisesti. Liikenteen ehdoilla rakennettaessa saattaa olla tarpeen rakentaa ja tarkastaa pienempiä kokonaisuuksia esim. kaksoisraideosuudella toinen raide kerrallaan, jolloin kustannukset kasvavat. Käyttöön otettavien kokonaisuuksien määrä vaikuttaa myös siihen, kuinka monia JKV/ETCS-rajapintoja on toteutettava. Nämä kertaluontoiset kustannukset oletetaan kuitenkin rataosuuden kustannuksiin nähden pieniksi, joten niitä ei ole tässä laskelmassa otettu huomioon. ERTMS/ETCS-järjestelmä on toiminnallinen standardi, joka on tuotetasolla aidosti standardisoitu vain yhdestä rajapinnasta, ratalaitebaliisien ja veturiantennin välisestä ns. ilmarajapinnasta. Kaikki muut rajapinnat vaativat rautatieturvallisuuden laitetoimittajan laitteisiinsa yksinoikeudella toteuttamia erikoisräätelöintejä ja ovat siten omiaan olemaan melko kalliita toteuttaa.

Voidaan toivoa, että ERTMS/ETCS-ratalaitteiden suurempi tuotantovolyymi painaa 2020-luvulla hintoja alaspäin osin korvaten yleisen kustannustason nousua. ERTMS/ETCS-ratalaitteiden markkinoita hallitsevat rautatieturvallisuuden suuryritykset, joiden intressissä ei ole liiallinen hintakilpailu, joten rajuja alennusmyyntejä ei ole odotettavissa. ERTMS/ETCS-järjestelmänä on eurooppalaisille rautatieinfrastruktuurin haltijoille ja rautatieyrityksille laillisesti velvoittava ja pakollinen, eikä pakollista kannata myydä liian halvalla, koska asiakas joutuu ostamaan sen kuitenkin, vaikka vähän kalliimmallakin.

## 8.4 ERTMS/ETCS tason 2 ratalaite- rakentamisen kustannusarviot

ERTMS/ETCS tason 2 kustannuksia on huomattavasti hankalampaa arvioida, sillä järjestelmä on monimutkaisempi, ja rakentamisessa on uusittava isompia kokonaisuuksia, joista ei ole yleisesti saatavilla olevia markkinahintatietoja. ERTMS/ETCS tason 2 rakentaminen koostuu seuraavista osatehtävistä:

- asetinlaitteen uusiminen
- radiosuojastuskeskuksen (RBC) rakentaminen ja yhteensovittaminen asetinlaitteeseen
- tiedonsiirrossa tarvittavan rautatieradioverkon (GSM-R tai tulevat ratkaisut) rakentaminen tai päivittäminen tai vastaavan yhteentoimivan tiedonsiirron hankinta verkkovierailuin olemassa olevista matkaviestinverkoista

- eurobaliisien asentaminen
- vanhojen ratalaitteiden purkaminen tarvittavilta osin

Radiosuojastuskeskus toteutetaan asetinlaitteen rajapintaan. Nykyisistä asetinlaitteista ei ole saatavilla radiosuojastuskeskuksen tarvitsemia tietoja, joten asetinlaitte on uusittava. Yksinään radiosuojastuskeskuksen toteuttaminen on niin kallista, että ERTMS/ETCS tason 2 rakentaminen kannattaa toteuttaa ainoastaan asetinlaitteen uusimisen yhteydessä.

ERTMS/ETCS tason 2 kustannuksia on arvioitu yleisellä tasolla useammasta näkökulmasta, ja niiden erot ovat suuria. ERTMS/ETCS tason 2 hyödyt kapasiteetin lisäyksestä tulevat olemaan suurimmat kaksi- tai useampiraiteisilla rataosuuksilla, jotka ovat tiheästi liikennöityjä ja joilla olisi todellista liikennöintitarvetta lisäkapasiteetille. Rataosuudet, jotka on laskettu mukaan tällaiseen potentiaaliseen ERTMS/ETCS tason 2 rataverkkoon, ovat:

- Pääkaupunkiseudun lähiliikennealue
- Helsinki–Lahti–Kouvola–Luumäki-rata
- Riihimäki–Lahti-rata
- Helsinki–Tampere-rata

Kyseiset rataosuudet on esitetty kuvassa 8. Rataosuuksien yhteenlaskettu kilometrimäärä on n. 1540 rkm.

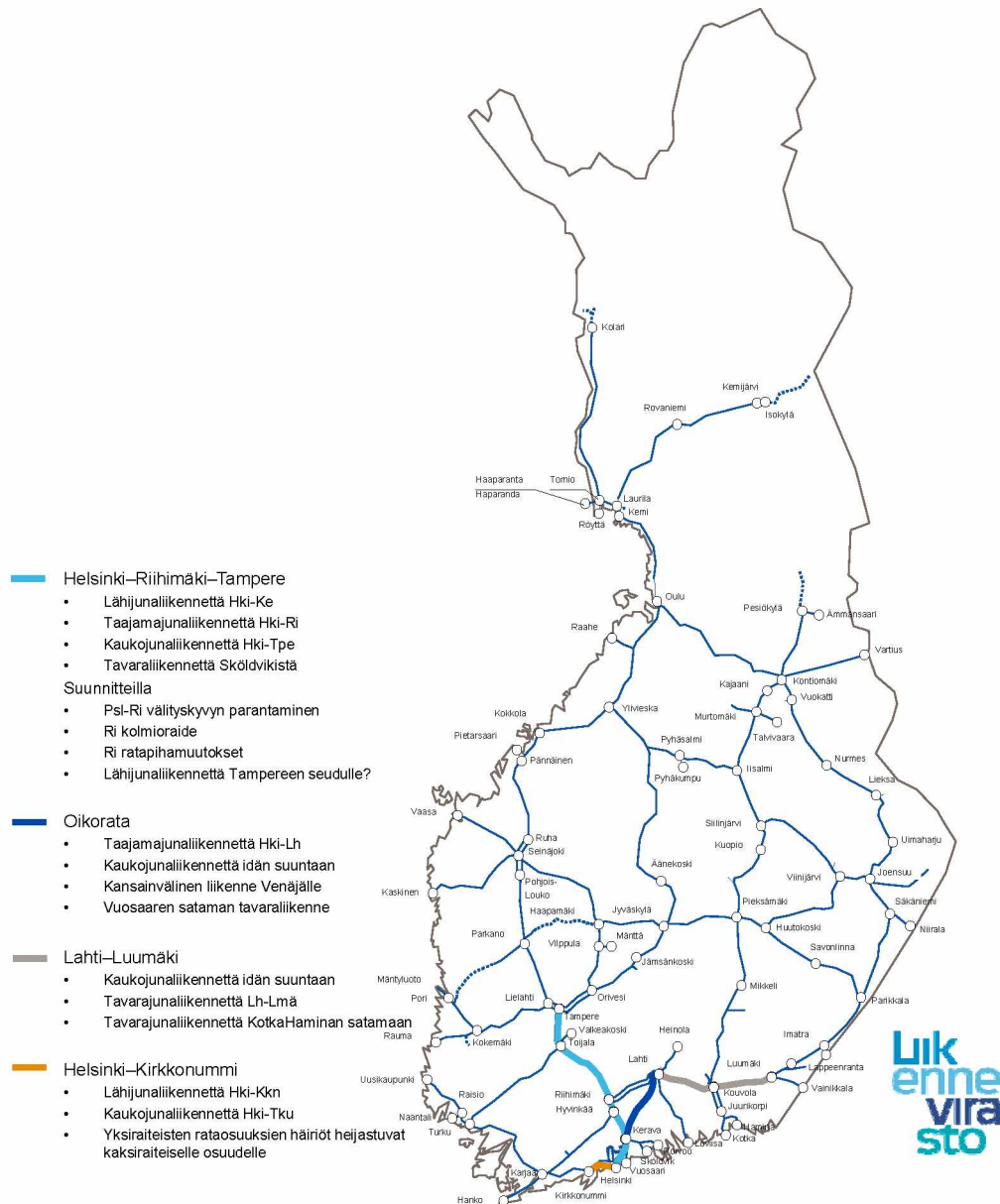


Kuva 17

ERTMS/ETCS-tason 2 kustannusarvioissa mukana olevat rataosuudet.

Tämän perusteella laskettuna tarkastelualueen kokonaiskustannukset olisivat n. 623 M€, jotka vuoden 2025 tasoon muutettuna olisivat n. 867 M€ sisältäen myös asetinlaiteuusimiskustannukset. (UIC, 2012) On syytä todeta, että kyseiselle alueelle ERTMS/ETCS tason 1 kustannukset aiempien laskelmien perusteella vuoden 2025 arvioidulla kustannustasolla ovat n. 133 M€ ilman asetinlaiteuusimiskustannuksia.

Tällaisen investointikustannuksen perustelu täytyy lähteä tiukasta todellisen liikennöinnin tarve- ja vaikutusarvioinnista, mutta ERTMS/ETCS-tason 2 soveltaminen voi olla mielekästä pahimmissa rataverkon pullonkauloissa.



Kuva 18

*Rataverkon pullonkauloja, joissa ratainfrastruktuuriin voi kannattaa satsata myös ERTMS/ETCS-tason 2 ratkaisulla.*

#### 8.4.1 ERTMS/ETCS-tason 2 kustannuslaskennan epävarmuustekijöistä ja kustannusajureista

Koska ERTMS/ETCS-taso 2 edellyttää asetinlaitteeseen toiminnallisesti yhteensovitettavaa radiosuojastuskeskusta, joka on saatavissa vain alkuperäiseltä asetinlaitetoimittajalta tai sen kanssa tiiviissä yhteistyössä toteutettavalla integrointi-projektilla, on asetinlaite ja radiosuojastuskeskus hankittavissa taloudellisesti mielekkäästi vain yhdistelmänä yhdellä hankinnalla. Siten ERTMS/ETCS-tason 2 rata-laiterakentaminen edellyttää asetinlaiteuusintojen yhteydessä toteutettavaa menettelyä.

Kaikkiin valtion rataverkolle 10-luvulla hankittuihin uusimpiinkaan asetinlaitteisiin ei välttämättä ole järkevin kustannuksin hankittavissa radiosuojastuskeskusta ilman pitkäaikaista ja kallista tuotekehityspanostusta.

Kustannusten arvioinnissa merkittävä tekijä on myös käytettävä radioverkko ja sen tekniikka. Nykyisin käytössä oleva ERTMS:n mukainen GSM-R-verkko (RAILI) on tarkoitettu ainoastaan puheviestintäkäyttöön. Käytettävissä oleva RAILI-verkko ei siten nykyisellään sovellu ERTMS/ETCS-tason 2 tarvitsemaan tiedonsiirtoon, ja lisäksi sen komponenttien elinkaari alkaa olla lopussa. Vuoteen 2020 mennessä tehdään Euroopassa päätöksiä, mitä radioverkkoteknologiaa tullaan jatkossa käyttämään yhteentoimivan rautatiejärjestelmän tiedonsiirrossa. Tämän jälkeen on helpompaa arvioida, minkälaisia mahdollisuuksia on käyttää kyseistä verkkoa ERTMS/ETCS-tason 2 tiedonsiirtoon, minkälaisia päivityksiä radioverkkoon tarvitaan ja mikä on taloudellinen kannattavuus saavutettuihin etuihin nähden. Vasta 2020-luvun alkupuoliskolla on käytettävissä toteutuskokemuksia muista hankkeista Euroopasta.

UIC:n laskelman perusteena olevat kilometrikohtaiset kustannukset on keskiarvo viidestä projektista, joiden tarkempaa kustannusarvion sisältöä ei ole kuitenkaan eritelty tarkemmin. Käytännöt, mitä otetaan huomioon kustannuslaskelmissa voivat vaihdella, lisäksi projektit ovat olleet ensimmäisiä ERTMS/ETCS-tason 2 projekteja, joten kustannukset tulevat toivottavasti laskemaan rakentamisen ja osaamisen yleistettyä.

ERTMS/ETCS-tason 2 kustannuksia tarkastelualueelle on arvioitu myös osa-alueittain laskettuna. Asetinlaitteiden uusimiskustannuksia ei tässä ole otettu huomioon, jolloin tulokset ovat vertailukelpoisia tason 1 laskelmien kanssa. Kuitenkin asetinlaiteuusi-misen kustannus on todellinen ja merkittävä välttämätön kustannus ERTMS/ETCS-tasoa 2 rakennettaessa. Radiosuojastuskeskuksen rakentaminen on tasoon 1 verrattuna merkittävä lisäkustannus, joka on otettu huomioon. Radiosuojastuskeskus pysyy ohjaamaan laajempia alueita, ja niiden määrä vaikuttaa tarkastelualueen kokonaiskustannuksiin. Tarkastelualueella on arvion mukaan noin 10 radiosuojastuskeskusta. Sveitsiläisten radiosuojastuskeskuksen hintatietojen mukaan ensimmäinen radiosuojastuskeskus maksaa noin 13 M€ ja seuraavat noin 2,5 M€. Laskelmassa on oletettu, että kyseisellä alueella olisi kaksi laitetoimittajaa, jolloin radiosuojastuskeskusten aiheuttamat kustannukset olisivat n. 46 M€.

Radioverkon kustannukset voidaan arvioida vain karkeasti, koska jatkossa käytettävää radioverkkoteknologiaa ei vielä ole tiedossa. Kustannukset on arvioitu RAILI-verkon kustannusten perusteella siten, että on oletettu turvalaitteiden toiminnan vaativan kaksinkertaisen peiton verrattuna nykyiseen puhekäyttöön tarkoitettuun verkkoon. RAILI-verkon kilometrikustannukset kaksinkertaisena ovat n. 27 200 €/km. Kaksinkertaisilla kilometrikustannuksilla laskettuna tarkastelualueen kokonais-



kustannukset ovat n. 20,1 M€. Lisäksi ERTMS/ETCS-tason 2 edellyttämä tiedonsiirto vaatii tiedonsiirtomaksuja ja verkon ylläpitoa, joiden kustannusten arvioiminen on vaikeaa.

Ratalaitteita on ERTMS/ETCS-tasolla 2 vähemmän, kun oletetaan, että täydellistä varajärjestelmää ei tulla rakentamaan ERTMS/ETCS-tason 1 järjestelmällä. Komponentteja ja kaapeleita tarvitaan tällöin vähemmän. Karkea arvio ratalaitteiden kustannuksista saadaan, kun vastaavat ERTMS/ETCS-tason 1 kustannuksista arvioidaan n. 30 %, jolloin ratalaitteiden osuudeksi laskelmassa saadaan n. 40 M€.

Osa-alueittain laskettuna ERTMS/ETCS-tason 2 kustannusten kokonaisarvio tarkastelualueelle on n. 106 M€ vuoden 2014 tasossa. Vuoden 2025 tasoon muutettuna kokonaiskustannukset olisivat n. 138 M€. Tämän lisäksi tulevat käytännössä pakolliset koko alueen asetinlaiteusinnat, joita ei ole otettu mukaan laskelmaan.

## 8.5 Kunnossapitokustannukset ERTMS/ETCS-tasoilla 1 ja 2

Rautatieturvalaitteiden elinkaarikustannukset ovat tärkeä huomioitava investointeja suunniteltaessa, mutta ERTMS/ETCS-järjestelmän kunnossapitokustannukset on jätetty tästä tarkastelusta selkeyden ja kustannustiedon puutteiden vuoksi pois.

ERTMS/ETCS-tason 1 kunnossapito vertautuu hyvin nykyiseen JKV-järjestelmän kunnossapitoon, jota on toteutettu peruskunnossapidossa tuettuna valtakunnallisen asiantuntemuksen varmistavalla kunnossapidon tukipalvelusopimuksella.

ERTMS/ETCS-tason 2 kunnossapidossa kokonaisjärjestelmän, asetinlaitteiden, niihin kytkettyjen radiosuojastuskeskusten ja GSM-R-radioverkon, kunnossapidon hallitsemisessa alkuperäisen laitetoimittajan asiantuntemuksen rooli kasvaa. Tarvitaan syvää kohdelaitteiden ohjelmistojen, niiden välisten vuorovaikutusten ja tiedonsiirron analysointikykyä sekä erikoistyneiden kalujen käyttökykyä, joita voi olla vaikeaa välittää suurelle peruskunnossapitoa toteuttavalle joukolle. Vaikka siis ERTMS/ETCS-tasolla 2 ratalaitteiden määrä ja kunnossapidettävät kohteet linjalla vähenevät, eivät kunnossapitokustannukset välttämättä oleellisesti vähene.

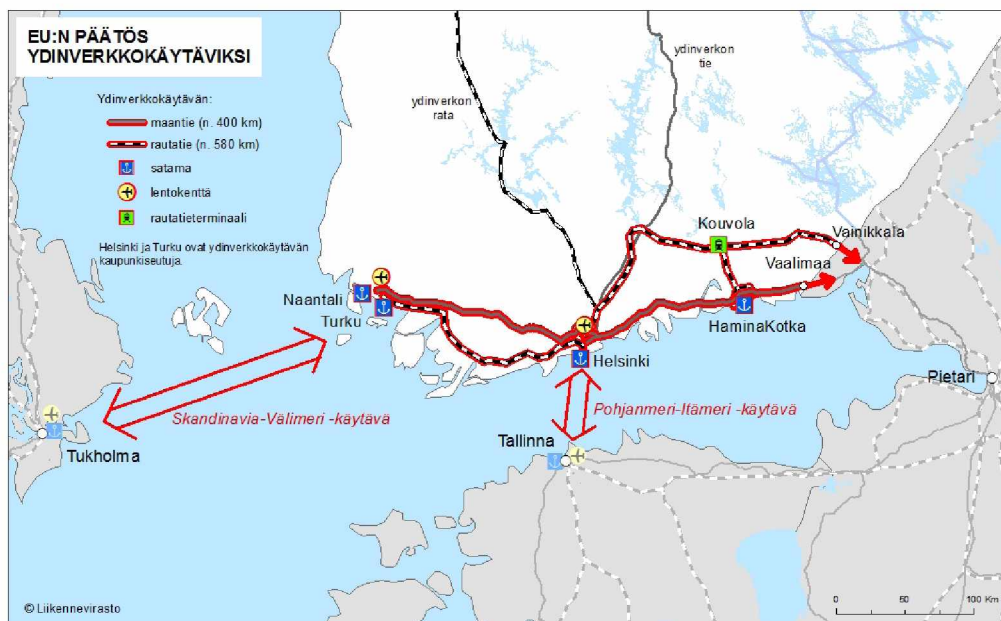
## 8.6 Kustannuslaskentaohjelmistojen hyödyntäminen

Tässä julkaisussa esitetyt laskelmat on tehty perinteisin menetelmin MS Excel-taulukkolaskentaohjelman avulla, sillä olemassa olevista radanpidon kustannuslaskentaohjelmista ei ole saatavilla tarvittavia tietoja ERTMS/ETCS:n rakentamiskustannusten arvioimiseen. Työn yhteydessä on myös selvitetty yleisesti tällä hetkellä käytetyn FORE-ohjelmiston ominaisuuksia. Jatkossa yksittäisten rataosuuksien kustannuslaskentaa voisi toteuttaa myös FORE-ohjelmaa hyödyntäen, jos tietyt kustannuksiin ja laskentaperiaatteisiin liittyvät ominaisuudet otetaan järjestelmässä huomioon. ERTMS/ETCS-ratalaiterakentamisen kustannusarvoinnin kehittäminen tulevaisuudessa on myös edellytys kustannusten parempaan ennakoitavuuteen ja projektien arvioitujen kustannusten pitävyyteen toteutusprojekteissa.

## 8.7 EU-tukien mahdollinen hyödyntäminen ERTMS/ETCS-järjestelmän käyttöönotossa

Suomi on menestynyt varsin hyvin edellisellä TEN-T-rahoituskaudella vuosina 2007–2013, jolloin Suomelle myönnettiin n. 189 M€ TEN-T-tukia. Joulukuussa 2013 on annettu Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus, johon liittyvä ns. CEF-rahoitus (engl. Connecting Europe Facility) vuosille 2014–2020 on tullut voimaan vuoden 2014 alussa. Asetuksessa on kuvattu Unionin laajuinen ydinverkko, ydinkäytävät ja kattava verkko sekä annettu niille teknisiä tavoitteita, jotka jäsenmaat ovat sitoutuneet toteuttamaan ydinverkon osalta vuoden 2030 loppuun ja kattavan verkon osalta vuoden 2050 loppuun mennessä.

TEN-T/CEF-rahoitusinstrumenteilla Euroopan unioni haluaa kannustaa jäsenmaita yhteisten tavoitteiden saavuttamiseen ja nyt käynnistyneellä rahoituskaudella vuosina 2014–2020 on jaossa yhteensä n. 26 miljardia euroa, joista 11 mrd. on korvamerkitty köyhimpien maiden koheesiotukiin, ei jäsenvaltio Suomelle. Asetuksessa on myös priorisoitu tarkkaan minkä tyyppisiin kohteisiin rahoitusta tullaan myöntämään. Unionin prioriteeteissa korkeimmalla ovat ydinverkkokäytävät ja ydinverkot, rajat ylittävän liikenteen sujuvoittaminen sekä muut liikenteelliset pullonkaulat ja liikenne- muodoista erityisesti rautatiet ja merten moottoritiet.



Kuva 19 EU:n ydinverkkokäytävät ovat nyt korkeimmalla tukien priorisoinnissa.

ERTMS/ETCS-järjestelmän käyttöönottoa voitaisiin vauhdittaa näillä verkkojen Euroopan uusilla tukiohjelmilla jo vuosina 2014–2020, koska nyt korvamerkittyä EU-rahaa on ERTMS/ETCS-järjestelmän käyttöönottoon mahdollista hakea, jos hankkeisiin on kansallista omarahoitusta. Erityisesti tukikelpoisiin olemassa olevan vetävän kaluston ERTMS/ETCS-veturilaitesennuksiin, jotka tulevat eteen joka tapauksessa, voi olla kannattavaa hakea tukea vielä, kun sitä on mahdollista saada. Tulevien 2020-luvun rahoitusohjelmien määrät ja kohdentaminen ovat epävarmempia.

## 8.8 Kotimaiset rahoitusmallit

Tässä työssä keskityttiin arvioimaan hankkeen ajoitusta ja rahoitustarvetta, mutta ei pohdittu syvällisemmin hankkeen rahoitusmalleja.

Uusien veturien hankinnan yhteydessä tapahtuva ERTMS/ETCS-veturilaittevarustaminen voidaan rahoittaa samalla mallilla kuin veturit, varsinkin jos laitteiden hankinta kuuluu kokonaistoimitukseen kuten esim. Vectron-vetureissa. Olemassa olevan vetävän kaluston ERTMS/ETCS-veturilaittevarustamisen rahoitusmallit päätetään rautatieyhteyksissä tapauskohtaisesti.

ERTMS/ETCS-ratalaiterakentamiseen soveltuu hyvin käytössä olevat liikenneinvestointien rahoitusmallien soveltamisen ehdot ja käytössä olevista rahoitusmallista ensisijaisesti perinteiset talousarviorahoitus ja jälkirahoitusmalli (eli tilapäisrahoitusmalli), mutta rakentamiseen voidaan soveltaa myös muita rahoitusmalleja. Rahoitusmallin valinta ja päättäminen tehdään poliittisessa päätöksenteossa ja sen valinta riippuu saatavista kehyksistä. (Liikenne- ja viestintäministeriö, 2010)

Rahoituksen ja ajoituksen ennakkointia ja rahoitusmallin pohdintaa tulee jatkaa LVM:n kanssa sovittavalla tavalla.

## 9 Toimenpide-ehdotuksia ERTMS/ETCS-toteutuksen vauhdittamiseksi

ERTMS/ETCS-ratalaitevarustelun ja kalustoasennusten yhteensovittamiseksi seuraavia toimenpide-ehdotukset helpottaisivat poliittista, teknistä ja taloudellista päätöksentekoa sekä käyttöönoton toteutusta eri organisaatioissa. Työryhmän toimenpide-ehdotukset ovat skenaarioluonteisia ja viitteellisiä tässä vaiheessa ja niiden toteuttamisessa selvitetään myös mahdollisen monioperaattoriympäristön vaikutukset niihin:

1. **Ratalaiterakentamisvalmiuden ja kotimaisen osaamisen luominen.** Liikennevirasto jatkaa ERTMS/ETCS-ratalaiterakentamisen valmiuden suunnitelmallista luomista Suomeen erityisesti ERTMS/ETCS-tason 1 koeradon päivityksessä versioon B3 (EKAL1.B3 Haarajoki–Lähdemäki-välillä), osaamisen johtamisella, liikennöintisääntöjen luomisella yms. tarpeiden täyttämällä yhteistyössä alan toimijoiden kanssa.
2. **Rautatieturvalaitteiden elinkaarenhallinnalla on määriteltävä asennetun kannan parasta ennen -päivät** ja niiden uusimishjelma, joka sovitetaan yhteen ERTMS/ETCS-toteutuksen kanssa. Rautatieturvalaitteiden elinkaarenhallintaa tehostamalla voidaan sekä asetinlaitteiden uusimisen ajoittaminen että junien kulunvalvonnan uusiminen ERTMS/ETCS-järjestelmään toteuttaa paremmin, jos asennetulle kannalle määritellään sen teknisen käyttöiän päättymistä ennakoivat ns. parasta ennen -päivät. Se mahdollistaisi myös poliittisille päättäjille pohjan pitkäjännitteisempään uusimishjelmaan ja taloudellisempaan toteutukseen sekä paremmalla ennakoitavuudella osaltaan varmistaisi rautatieliikenteen häiriöttömyyttä ja turvallisuutta.
3. **Ratalaiterakentamisen ajoituksen varmistaminen sitovalla hankerahoituksella.** Valtiohallan, erityisesti Liikenne- ja viestintäministeriön tulee valmisteluttaa ja päättää pitävä raitinfran rahoituksen puiteohjelma ja hankerahoitus koko ERTMS/ETCS-järjestelmän käyttöönoton kaudelle vuosina 2023–2035, jotta saadaan luotettava ajoitus oikea-aikaisille veturilaitteinvestoinneille ja vältetään hukainvestoinnit.
4. **Sitovat päätökset ERTMS/ETCS-tasojen soveltamisesta rataverkolla n. v. 2020.** ERTMS/ETCS-siirtymäkauden puitesuunnitelman ajoituksen tarkennus sekä päätös tasojen 1 ja 2 laajuudesta tehdään noin vuonna 2020, jolloin on Sr3-vetureista on ERTMS/ETCS+STM-käyttökokemuksia ja on tietoja GSM-R-verkon korvaavasta radiojärjestelmästä sekä toivottavasti on saatu aikaan päätös kattavasta ERTMS/ETCS-ratalaiterakentamisen puiteohjelmasta ja sen hankerahoituksesta.
5. **Ylimääräisten veturilaitteinvestointien korvaaminen kansallisin tukitoimin.** Valtiolta, erityisesti Liikenne- ja viestintäministeriö järjestää joko EU:sta taikka kansallisesti tukirahoituksen, jolla rautatieyrityksille tai kaluston omistajille korvataan JKV-järjestelmästä ERTMS/ETCS-järjestelmään siirtymisen vuoksi aiheutuvat ylimääräiset kustannukset.

6. **Sitova vetokaluston ERTMS/ETCS-järjestelmään siirtymisen ohjelma n. v. 2020.** Kun ERTMS/ETCS-ratalaiterakentamisen puiteohjelma ja sitova hanke-rahoitus on olemassa, tulee myös rautatieyritysten tai vetokalustoa omistavien yritysten sitoutua olemassa oleviin tukitoimiin nojautuen ja eriytettyjen ratamaksujen kannustamana vetokaluston ERTMS/ETCS-veturilaittevarusteluun.
7. **Rahoitusmallien tarkemman arvioinnin toteutus yhteistyössä LVM:n kanssa.**

## Lähdeluettelo

- Banedanmark. (2009). *The Signalling Programme, A total renewal of the Danish signalling infrastructure*. Kööpenhamina: Banedanmark.
- Barrow, K. (2012). Danish Signalling Programme contracts signed. *International Railway Journal*.
- EUROOPAN KOMISSIO. (2011). VALKOINEN KIRJA Yhtenäistä Euroopan liikenne-  
aluetta koskeva etenemissuunnitelma – Kohti kilpailukykyistä ja resurssi-  
tehokasta liikennejärjestelmää. KOM(2011) 144 lopullinen. Bryssel:  
EUROOPAN KOMISSIO.
- EUROPEAN COMMISSION. (2014). COMMISSION STAFF WORKING DOCUMENT on  
the state of play of the implementation of the ERTMS Deployment Plan,  
Brussels, 14.2.2014, SWD(2014) 48 final. Bryssel.
- Globalrailnews. (2012). Alstom to deploy ERTMS on Belgian rail network. *Global-  
railnews*.
- Härkönen, A. (2008). *A Collaborative Process of Product Lifecycle Management for  
Railway Signalling Infrastructure*. Helsinki: Ratahallintokeskus.
- I&M. (Huhtikuu 2014). *Railway map ERTMS Version 3.0 - Memorandum on  
Alternatives*. Den Haag: I&M, Ministerie van Infrastructuur en Milieu, Alanko-  
maat.
- INEA. (2013). *ERTMS deployment on Corridor B (Stockholm-Naples) – Austrian section  
2007-AT-60450-P*. Bryssel: European Commission TEN-T Executive Agency.
- INFRAEL. (2014). *The ETCS system*. Brussels: Belgium, INFRAEL S.A.
- Jernbaneverket. (2013). *ERTMS - National implementation plan*. Oslo: Jernbaneverket.
- Järvinen, L. (2012). *Tulevaisuuden junien kulunvalvontajärjestelmän (ERTMS) raja-  
pinnan sovittaminen nykyisiin rautateiden turvalaitteisiin, Liikenneviraston  
tutkimuksia ja selvityksiä 47/2012*. Helsinki: Liikennevirasto.
- Liikenne- ja viestintäministeriö. (2010). *Liikenne- ja viestintäministeriön julkaisuja  
19/2010: "Liikenneinvestointien rahoitusmallien soveltamisen ehdot"*. Helsinki:  
Liikenne- ja viestintäministeriö.
- Liikennevirasto. (2012). *Junien kulunvalvonta JKV, Ratatekniset ohjeet (RATO) osa 10,  
Liikenneviraston ohjeita 9/2012*. Helsinki: Liikennevirasto.
- Liikennevirasto. (2012). *Liikenneviraston ERTMS-polku 2013–2018*. Helsinki: Liikenne-  
virasto.
- Nash, C. (2005). *Rail Infrastructure Charges in Europe*. Journal of Transport  
Economics and Policy, 39(3).
- Office of Rail Regulation, ORR. (2014). *The European Rail Traffic Management System  
(ERTMS)*.
- Railway Gazette. (2013). DB agrees to fit ETCS on Corridor A . *Railway Gazette*.
- Ratahallintokeskus. (2007). *Eurooppalaisen rautatieliikenteen hallintajärjestelmän  
(ERTMS) Suomen kansallinen toteuttamissuunnitelma*. Helsinki: Ratahallinto-  
keskus.
- Stanley, P. (2011). *ETCS for Engineers*. Eurail Press.
- Tilastokeskus. (2013). *Bruttokansantuote (BKT) markkinahintaan 1975–2013*. Helsinki:  
Tilastokeskus.
- Trafikverket. (15. 3. 2012). RAPPORT ERTMS i Sverige – nuläge och viktiga vägval. 28.
- UIC, International Union of Railways. (2012). *ERTMS Implementations Benchmark  
Final Report - February 2012*. Pariisi: UIC, International Union of Railways.
- Vainiomäki, V. (2014). *JKV-järjestelmän merkitys rautateiden turvallisuudelle ja  
kilpailun syntymiselle*. Helsinki: Liikenteen turvallisuusvirasto (Trafi).
- ÖBB-Infrastruktur. (2014). *ETCS Ausbauplan, Streckenausrüstung mit ETCS*. Wien:  
ÖBB-Infrastruktur.

## Käsitteitä ja lyhenteitä

Lyhenne	Suomeksi	Englanniksi
Ak	Akselinlaskija (raiteen vapaanaolonvalvonta)	axle counter
ATP-VR/RHK	Nykyisen käytössä olevan junien kulunvalvontajärjestelmän (JKV) tuote- ja laite-toimittajariippumaton nimi	Automatic Train Protection ATP-VR/RHK
B3	B3-järjestelmäversio	Baseline 3
Er	Eristetty raidevirtapiiri (raiteen vapaanaolonvalvonta)	track circuit
ERTMS	Eurooppalainen rautatieliikenteen hallintajärjestelmä (= ETCS + GSM-R).	European Rail Traffic Management System (= ETCS + GSM-R)
ETCS	Eurooppalainen junien kulunvalvontajärjestelmä	European Train Control System.
GSM-R	GSM-rautatieradio	Global System for Mobile communications - Railway
JKV	Junien kulunvalvonta	Automatic Train Protection (ATP)
LEU-koodain	ERTMS/ETCS-järjestelmän koodain	LEU, Lineside Electric Unit
RAILI	Rautateiden integroitu liikenneviestintäjärjestelmä (Liikenneviraston GSM-R-verkko)	Finnish integrated GSM-R railway radio
RBC	Radiosuojastuskeskus	Radio Block Centre
STM	Sovitustiedonsiirtomoduuli	Specific Transmission Module

Sulkeet rataosien nimissä tarkoittavat, että kyseisen rataosan pääteasemaa ei lasketa mukaan rataosuuteen.





Kustannusarviolaskelmia

ERTMS Level 1 kustannusarvio - rataosat (v. 2025)											
Rataosa	Kategoria	Pituus (raide-km)	Raitteita	Opastinpisteitä (kpl)	Koeajot (pv)	Koeajot (€)	ERTMS-ratalaitteet (€)	Hanketehtävät		Kustannukset € / raide-km	
								Työmaatehtävät	Tilaajatehtävät	sis. hanketehtävät ja koeajot	Kustannukset yhteensä
								20,0 %	14,5 %		
Huopalahti-(Karjaa)	I, II ja III	119,4	1-4	168	21	408 893 €	6 575 878 €	1 396 954 €	1 012 792 €	79 171 €	9 453 000 €
(Hyvinkää)-(Karjaa)	III	99,1	1	30	2	25 961 €	909 028 €	186 998 €	135 574 €	12 785 €	1 267 000 €
Karjaa-(Turku)	III	107,3	1	150	3	38 942 €	4 545 142 €	916 817 €	664 692 €	57 859 €	6 208 300 €
(Turku)-Uusikaupunki	IV	65,1	1	24	2	25 961 €	947 262 €	194 645 €	141 117 €	20 336 €	1 323 900 €
(Karjaa)-Hanko	III	49,3	1	29	2	25 961 €	878 727 €	180 938 €	131 180 €	25 055 €	1 235 200 €
(Huopalahti)-Vantaankoski	II	17,2	2	20	7	136 298 €	782 843 €	183 828 €	133 275 €	74 983 €	1 289 700 €
Kehärata (Vantaankoski)-(Havukoski)	II	36	2	52	5	97 356 €	2 035 391 €	426 549 €	309 248 €	81 328 €	2 927 800 €
(Pasila)-(Kerava)	I	102,4	4	133	15	292 067 €	4 569 020 €	972 217 €	704 858 €	64 313 €	6 585 600 €
(Kerava)-Vuosaari	III	21,3	1	14	1	12 981 €	424 213 €	87 439 €	63 393 €	28 573 €	608 600 €
(Kerava)-Skoldvik	IV	28,6	1	4	1	12 981 €	157 877 €	34 172 €	24 774 €	8 245 €	235 800 €
(Kerava)-(Hakosilta)	II	129,8	2	134	5	97 356 €	5 245 045 €	1 068 480 €	774 648 €	55 676 €	7 226 700 €
(Kerava)-(Riihimäki)	II	80,1	2-3	103	5	97 356 €	4 031 639 €	825 799 €	598 704 €	69 975 €	5 605 000 €
(Riihimäki)-(Lahti)	II	122,8	2	124	10	194 711 €	4 853 624 €	1 009 667 €	732 009 €	55 628 €	6 831 100 €
(Riihimäki)-(Hämeenlinna)	II	77,6	2	93	6	116 827 €	3 640 218 €	751 409 €	544 771 €	65 742 €	5 101 600 €
(Hämeenlinna)-(Toijala)	II	79,6	2	106	6	116 827 €	4 149 066 €	853 178 €	618 554 €	72 754 €	5 791 200 €
(Toijala)-(Turku)	III	129,8	1	102	4	51 923 €	3 090 697 €	628 524 €	455 680 €	32 750 €	4 251 000 €
(Toijala)-(Tampere)	II	73,2	2	94	6	116 827 €	3 679 360 €	759 237 €	550 447 €	70 460 €	5 157 700 €
(Tampere)-(Lielähti)	II	4,2	2	4	1	19 471 €	156 569 €	35 208 €	25 526 €	66 357 €	278 700 €
(Tampere)-Orivesi	II	82,2	2	41	3	38 942 €	1 604 827 €	328 754 €	238 347 €	27 140 €	2 230 900 €
(Orivesi)-(Jyväskylä)	III	112,7	1	140	3	38 942 €	4 242 132 €	856 215 €	620 756 €	51 429 €	5 796 000 €
(Orivesi)-Haapamäki-(Jyväskylä)	IV	149,2	1	58	6	77 884 €	2 289 216 €	473 420 €	343 230 €	21 445 €	3 199 600 €
(Jyväskylä)-Äänekoski	IV	47,4	1	20	2	25 961 €	789 385 €	163 069 €	118 225 €	23 498 €	1 113 800 €
(Jyväskylä)-(Pieksämäki)	III	79,7	1	42	4	51 923 €	1 272 640 €	264 913 €	192 062 €	22 562 €	1 798 200 €
Lielähti-Kokemäki-Rauma	III	136	1	133	5	64 904 €	4 030 026 €	818 986 €	593 765 €	40 719 €	5 537 800 €
(Kokemäki)-Pori-Mäntyluoto	IV	57,6	1	69	2	25 961 €	2 723 378 €	549 868 €	398 654 €	65 028 €	3 745 600 €
(Lielähti)-(Seinäjoki)	III	152,3	1-2	299	11	142 788 €	9 059 983 €	1 840 554 €	1 334 402 €	81 669 €	12 438 200 €
(Seinäjoki)-Vaasa	IV	76	1	20	2	25 961 €	789 385 €	163 069 €	118 225 €	14 571 €	1 107 400 €
(Seinäjoki)-Kaskinen	IV	114	1	21	2	25 961 €	828 854 €	170 963 €	123 948 €	10 151 €	1 157 200 €
(Haapamäki)-(Seinäjoki)	IV	116,4	1	20	4	51 923 €	789 385 €	168 262 €	121 990 €	9 784 €	1 138 800 €
(Seinäjoki)-(Kokkola), kaksoisraide Sei-Lpa	II ja III	160,5	1-2	206	10	194 711 €	6 241 995 €	1 287 341 €	933 322 €	54 190 €	8 697 500 €
(Kokkola)-(Ylivieska), kaksoisraide	II	157,8	2	220	10	194 711 €	8 611 269 €	1 761 196 €	1 276 867 €	75 411 €	11 899 800 €
(Ylivieska)-(Oulu)	III	119,6	1	156	10	129 807 €	4 726 948 €	971 351 €	704 229 €	54 957 €	6 572 900 €
(Tuomioja)-Raahе	IV	28,2	1	10	1	12 981 €	394 692 €	81 535 €	59 113 €	19 957 €	562 800 €
(Oulu)-Tornio	IV	133,9	1	130	4	51 923 €	5 131 002 €	1 036 585 €	751 524 €	52 350 €	7 009 700 €
(Tornio)-Kolari	IV	182,6	1	27	2	25 961 €	1 065 670 €	218 326 €	158 287 €	8 073 €	1 474 200 €
(Oulu)-(Kontiomäki)	IV	165,9	1	54	3	38 942 €	2 131 339 €	434 056 €	314 691 €	17 674 €	2 932 100 €
(Kontiomäki)-Vartius	IV	97,1	1	18	2	25 961 €	710 446 €	147 282 €	106 779 €	10 279 €	998 100 €
(Laurila)-Kemijärvi	IV	190,6	1	64	3	38 942 €	2 526 032 €	512 995 €	371 921 €	18 171 €	3 463 300 €
(Lahti)-(Kouvola)	II	122,4	2	126	7	136 298 €	4 931 908 €	1 013 641 €	734 890 €	56 030 €	6 858 100 €
(Kouvola)-(Luumäki)	II	118	2	120	6	116 827 €	4 697 056 €	962 776 €	698 013 €	55 216 €	6 515 500 €
Luumäki-(Vainikkala)	III	34,3	1	33	2	25 961 €	999 931 €	205 179 €	148 754 €	41 099 €	1 409 700 €
(Luumäki)-Lappeenranta	IV	27,3	1	56	2	25 961 €	2 210 278 €	447 248 €	324 255 €	113 176 €	3 089 700 €
(Lappeenranta)-(Imatra)	IV	36,2	1	60	4	51 923 €	2 368 155 €	484 016 €	350 911 €	91 765 €	3 321 900 €
(Imatra)-(Parikkala)	IV	60,4	1	35	2	25 961 €	1 381 424 €	281 477 €	204 071 €	31 725 €	1 916 200 €
(Parikkala)-(Joensuu)	III	128,3	1	74	3	38 942 €	2 242 270 €	456 242 €	330 776 €	24 053 €	3 086 000 €
(Niirala)-(Säkäniemi)	IV	32,8	1	12	2	25 961 €	473 631 €	99 918 €	72 441 €	20 951 €	687 200 €
(Joensuu)-Nurmes	IV	161,7	1	23	3	38 942 €	907 793 €	189 347 €	137 277 €	7 911 €	1 279 200 €
(Iisalmi)-Kajaani-(Kontiomäki)	IV	107,6	1	44	3	38 942 €	1 736 647 €	355 118 €	257 460 €	22 349 €	2 404 700 €
(Murtomäki)-Talvivaara	IV	24,5	1	5	1	12 981 €	197 346 €	42 065 €	30 497 €	11 898 €	291 500 €
(Iisalmi)-(Ylivieska)	IV	154,5	1	32	4	51 923 €	1 263 016 €	262 988 €	190 666 €	11 502 €	1 777 100 €
(Kouvola)-(Pieksämäki)	III	186,9	1	249	10	129 807 €	7 544 936 €	1 534 949 €	1 112 838 €	55 450 €	10 363 600 €
(Pieksämäki)-(Joensuu) (Siilinjärvi)-Viinijärvi	IV	293,5	1	96	4	51 923 €	3 789 047 €	768 194 €	556 941 €	17 646 €	5 179 200 €
(Huutokoski)-Savonlinna	IV	75,8	1	8	2	25 961 €	315 754 €	68 343 €	49 549 €	6 123 €	464 100 €
Savonlinna-(Parikkala)	IV	57,5	1	30	2	25 961 €	1 184 077 €	242 008 €	175 456 €	28 670 €	1 648 500 €
(Pieksämäki)-(Iisalmi)	III	169,3	1	243	10	129 807 €	7 363 130 €	1 498 587 €	1 086 476 €	59 789 €	10 122 300 €
(Kouvola)-Kolka-(Juurikorpi)-(Hamina)	III	115,5	1-2	65	4	51 923 €	1 969 562 €	404 297 €	293 115 €	23 692 €	2 736 400 €
<b>Yhteensä</b>		<b>5116</b>		<b>3970</b>	<b>220</b>	<b>3 420 426 €</b>	<b>139 531 891 €</b>	<b>28 590 463 €</b>	<b>20 728 086 €</b>	<b>39 767 €</b> (keskiarvo)	<b>217 402 700 €</b>

ERTMS Level 1 kustannusarvio - risteysasemat (v. 2025)									
Liikennepaikka / asetinlaite	Junakulkutie- raiteita	Opastinpisteitä	Koeajot	Koeajojen kustannukset	ERTMS-ratalaitteet (€)	Hanketehtävät		Toteutuskustannukset	Toteutuskustannukset
	raide-km	kpl	päiviä € / liikennepaikka	opastinpisteiden määrään perustuen	Työmaateht. 20,0 %	Tilaaajateht. 14,5 %	sis. hanketehtävät ja koeajot	sis. hanketehtävät ja koeajot	yhteensä
Helsinki-Pasila	40	135	10	194 711 €	4 637 727 €	966 488 €	700 704 €	162 490 €	6 499 600 €
Turku	14,9	44	3	58 413 €	1 511 555 €	313 994 €	227 645 €	141 718 €	2 111 600 €
Kerava	19,3	61	4	77 884 €	2 095 566 €	434 690 €	315 150 €	151 466 €	2 923 300 €
Riihimäki	18,9	51	4	77 884 €	1 752 030 €	365 983 €	265 338 €	130 222 €	2 461 200 €
Hämeenlinna	7	20	3	58 413 €	687 071 €	149 097 €	108 095 €	143 243 €	1 002 700 €
Toijala	10	31	3	58 413 €	1 064 960 €	224 675 €	162 889 €	151 090 €	1 510 900 €
Tampere	48,4	44	5	97 356 €	1 511 555 €	321 782 €	233 292 €	44 711 €	2 164 000 €
Jyväskylä	9,3	24	3	58 413 €	824 485 €	176 580 €	128 020 €	127 688 €	1 187 500 €
Seinäjoki	24,5	58	3	58 413 €	1 992 505 €	410 184 €	297 383 €	112 592 €	2 758 500 €
Kokkola	7,7	26	3	58 413 €	893 192 €	190 321 €	137 983 €	166 221 €	1 279 900 €
Ykspihlaja	6,9	17	2	25 961 €	584 010 €	121 994 €	88 446 €	118 899 €	820 400 €
Ylivieska	7,2	29	2	38 942 €	996 252 €	207 039 €	150 103 €	193 375 €	1 392 300 €
Oulu-Tuira	23,4	41	3	58 413 €	1 408 495 €	293 382 €	212 702 €	84 316 €	1 973 000 €
Iisalmi	6,4	15	2	25 961 €	515 303 €	108 253 €	78 483 €	113 750 €	728 000 €
Kontiomäki	8	36	2	25 961 €	1 236 727 €	252 538 €	183 090 €	212 288 €	1 698 300 €
Lahti	13,4	31	5	97 356 €	1 064 960 €	232 463 €	168 536 €	116 664 €	1 563 300 €
Kouvola	56,8	90	5	97 356 €	3 091 818 €	637 835 €	462 430 €	75 518 €	4 289 400 €
Pieksämäki	46,5	48	5	97 356 €	1 648 970 €	349 265 €	253 217 €	50 512 €	2 348 800 €
Vainikkala	27,4	12	2	38 942 €	412 242 €	90 237 €	65 422 €	22 146 €	606 800 €
Imatra	26,5	20	3	38 942 €	687 071 €	145 203 €	105 272 €	36 849 €	976 500 €
Parikkala	5	17	2	25 961 €	584 010 €	121 994 €	88 446 €	164 080 €	820 400 €
Joensuu	14	17	2	25 961 €	584 010 €	121 994 €	88 446 €	58 600 €	820 400 €
<b>Yhteensä</b>	<b>442</b>	<b>1002</b>	<b>76</b>	<b>1 395 430 €</b>	<b>29 784 514 €</b>	<b>6 235 989 €</b>	<b>4 521 092 €</b>	<b>112 106 €</b>	<b>41 936 800 €</b>
								Keskiarvo	Liikennepaikat yhteensä



